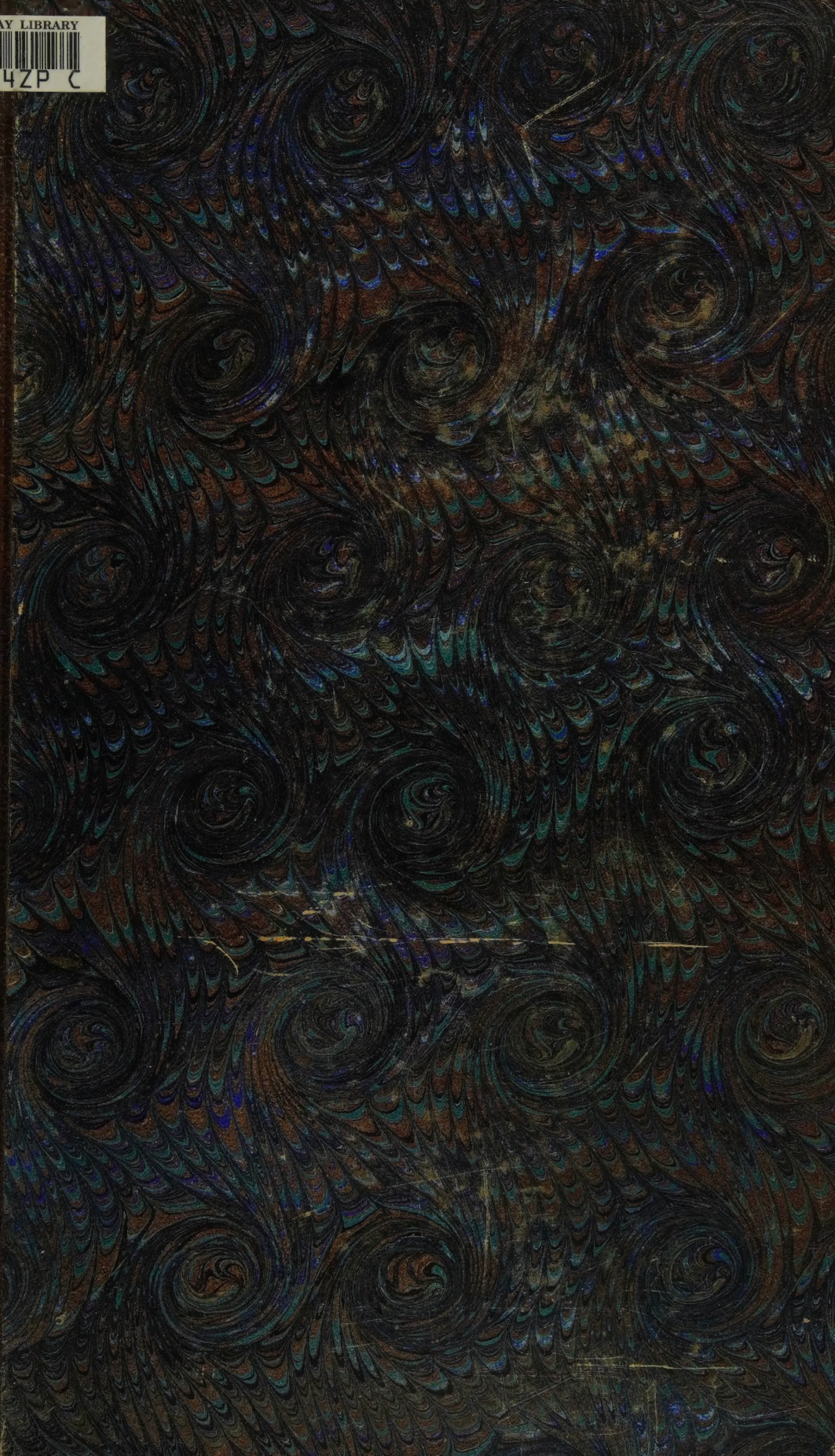


COUNTWAY LIBRARY

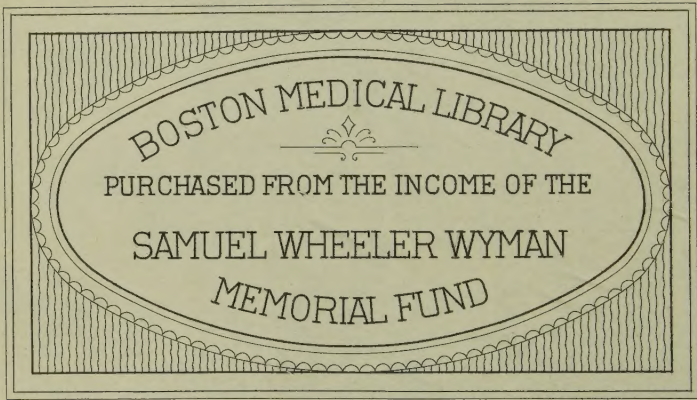


HC 542P C



645

19. B 91



ANATOMIA DEL SISTEMA NERVOSO CENTRALE

DOTT. PROF. GIUSEPPE STERZI

Direttore dell'Istituto Anatomico della R. Università di Cagliari

ANATOMIA
DEL
SISTEMA NERVOSO CENTRALE
DELL'UOMO

TRATTATO PER MEDICI E STUDENTI

VOL. I

**Istologia ed Istogenesi - Sistema nervoso centrale in generale -
Midolla spinale - Encefalo - Mielencefalo**

con 278 figure in nero ed a colori intercalate nel testo

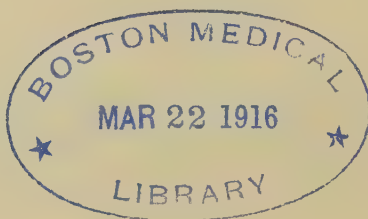


ANGELO DRAGHI, EDITORE

Padova - Corso Cavour, 9

1914

Proprietà letteraria



Prefazione

“ Ut perfecta Cerebri eiusque partium notitia obtineri queat, non modo capita humana, verum aliorum cuiuscunque generis Animalium dissecare ac inspicere oportebit „

Willis, De Cerebri anatome, Iondini, 1664. Cap. I.

L'indirizzo morfologico ed embriologico dei moderni studi anatomici, i perfezionamenti della tecnica istologica, le indagini sperimentali dei neurologi e dei fisiologi, le osservazioni dei patologi e dei clinici hanno portato tanti e così profondi mutamenti nelle nostre conoscenze intorno alla anatomia del sistema nervoso centrale dell'uomo da aver quasi istituita una neurologia nuova; è questa la neurologia che ho cercato di esporre, forse troppo fidando nelle mie forze, certo troppo presumendo nella competenza acquistata con molti anni di studio in questo campo.

Un libro di tal genere non può esser fatto sullo stampo di altri; perfino la partizione della materia ed il metodo di esposizione devono essergli propri; lo avverto perchè il Lettore uso all'indirizzo classico delle opere di tal genere, non abbia a restare disorientato. Ho scritto quello che vidi e quello che ritengo più attendibile ed ho cercato che la concisione non avesse a nuocere alla chiarezza, mosso dal desiderio di riuscire parimente utile allo studente, che deve imparare, ed al medico, pel quale l'anatomia è fondamento della clinica.

L'opera dei Nostri, mal conosciuta all'estero e quasi ignorata da noi, è stata posta nel suo giusto valore, però senza che l'amore della Patria mi abbia fatto dimenticare il molto di cui siamo debitori agli Stranieri; feci menzione delle notizie storiche e bibliografiche più importanti.

Nella ricca nomenclatura, spesso confusa e contraddittoria, ho scelto i nomi più propri, curando di non introdurre dei nuovi se non nei casi di assoluto bisogno; per comodo dello Studioso ho sempre indicato la sinonimia. In un libro italiano mi è parso giusto che la nomenclatura fosse in lingua italiana.

Poco spazio ho dedicato a teorie e ad ipotesi, e solo alle fondamentali, perchè rivolsi tutta la mia attenzione allo studio dei fatti sicuri.

Ebbi cura che le figure fossero chiare e rappresentassero il vero; per ciò, tranne poche tolte da lavori altrui, le disegnai io stesso riproducendole da preparati anatomici ed embriologici.

L'opera è divisa in due volumi; a distanza di un anno dal primo uscirà il secondo volume, alla fine del quale sarà l'indice alfabetico generale delle materie e la bibliografia più notevole.

Certo d'esser caduto in mende ed imperfezioni, sarò vivamente grato a chi me le vorrà indicare.

Voglia il Lettore essermi benevolo, pensando che ho fatto quanto ho potuto e saputo, mosso dalla brama di giovare alla Scienza ed alla Patria.

Giuseppe Sterzi

• Cagliari, Agosto del 1913,

Indice delle Materie del Volume I.

CAPITOLO PRIMO

La struttura del sistema nervoso centrale

	Pagine
§ 1 — Tessuto nervoso	3
A — <i>Cellula nervosa</i>	3
Notizie storiche	3
Morfologia	4
Corpo cellulare, 4; prolungamenti, 7; neurite, 8; dendrite .	15
Dimensioni	18
Costituzione chimica	19
Struttura	19
Corpo cellulare, 19. → Nucleo, 20. — Citoplasma, 22. — Cito- plasma indifferenziato, 23. — Citoplasma differenziato, 24; neurosomi, 24; neurofibrille, 25; sostanza cromatica, 30; cen- trosoma, 34; apparecchio reticolare interno, 35; sostanze grasse, 36; pigmento, 39; cristalloidi, 41; granulazioni incostanti, 41; apparecchio reticolare esterno, 42; vacuoli, 43; canalini in- tracellulari	43
Prolungamenti, 44; dendrite, 44; neurite	45
B — <i>Fibra nervosa</i>	46
Cilindrasse	48
Guaina mielinica	49
C — <i>Connessioni tra le cellule nervose</i>	51
Parti che entrano in connessione	52
Modalità delle connessioni, 54; Teoria della continuità tra le cellule, 55; Teoria della contiguità, 59; Considerazioni	63

	Pagine
§ 2 — Tessuto gliale	67
<i>A</i> — <i>Cellula gliale</i>	67
Notizie storiche	67
Morfologia	68
Dimensioni	70
Struttura	71
Rapporti	73
<i>B</i> — <i>Cellula endimale</i>	74
Notizie storiche	75
Morfologia	76
Dimensioni	78
Struttura	78
Rapporti	79
<i>C</i> — <i>Rapporti tra tessuto nervoso e tessuto gliale</i>	81
§ 3 — Tessuto connettivo dei centri nervosi	83

CAPITOLO SECONDO

La istogenesi del sistema nervoso centrale

Generalità	88
Doccia neurale	88
Tubo neurale	90
Neuropori	92
Neurosincizio	94
Vacuolizzazione del neurosincizio	95
Differenziamento del neurosincizio	97
Neuroblasti	98
Glioblasti	99
§ 1 — Sviluppo del tessuto nervoso	100
Morfogenesi del neuroblasto, 100. — Sviluppo dei nuclei neuroblastici, 103. — Sviluppo dei neurosomi, 104. — Sviluppo delle neurofibrille, 104. — Sviluppo della sostanza cromatica, 106. — Sviluppo dell'apparecchio reticolare interno, 106. — Sviluppo delle sostanze grasse, 107. — Sviluppo dei pigmenti, 107. — Sviluppo delle fibre nervose,	107
§ 2 — Sviluppo del tessuto gliale	110
Sviluppo dei glioblasti veri, 113. — Sviluppo dei glioblasti endimali.	113

CAPITOLO TERZO

Generalità intorno alla anatomia del sistema nervoso centrale

	Pagine
Definizione	115
Divisione	115
Situazione	116
Peso	117
Volume	118
Colore	118
Consistenza	118
Mobilità	119
Struttura generale	119
Cavità	122
Nervi	123
Meningi	129
Circolazione sanguigna	130
Circolazione linfatica	132
Metodi d'indagine.	133

CAPITOLO QUARTO

Midolla spinale

Definizione	137
Nomenclatura	137
§ 1 — Caratteri generali	138
Aspetto e situazione, 138. — Limiti, 141. — Dimensioni, 142.	
— Lunghezza, 142. — Diametri, 144. — Peso, 145. — Colore,	
147. — Consistenza 148, — Elasticità, 148. — Rapporti, 149.	
— Topografia vertebro-midollare, 152. — Mezzi di fissazione	154
§ 2 — Forma	155
A — <i>Conformazione esterna</i>	155
Direzione, 156. — Rigonfiamenti, 157. — Cono terminale, 158.	
— Striscie radicolari, 158. — Faccia anteriore, 162. — Faccie la-	
terali, 164. — Faccia posteriore	164

	Pagine
<i>B</i> — <i>Conformazione interna</i>	166
I. Sostanza grigia	166
Strato grigio corticale, 166. — Sostanza grigia interna, 167; sostanza grigia centrale, 169; colonne anteriori, 170; colonne posteriori, 172; formazione reticolare e colonne laterali, 173. — Differenze della sostanza grigia nei vari segmenti . . .	173
II. Sostanza bianca	177
Commessura bianca, 178; cordoni	179
III. Canale centrale	182
<i>C</i> — <i>Conformazione del filo terminale</i>	187
<i>D</i> — <i>Varietà.</i>	188
§ 3 — <i>Struttura</i>	191
I. <i>Struttura della sostanza grigia</i>	191
a) Strato grigio corticale	191
b) Sostanza grigia interna	193
Tessuto nervoso, 194. — Tessuto gliale, 202. — Sostanza grigia centrale, 203. — Colonne anteriori, 206. — Colonne laterali e formazione reticolare, 212. — Colonne posteriori, 214. — Sostanza gelatinosa del Rolando, 217. — Strato zonale	219
II. <i>Struttura della sostanza bianca</i>	222
<i>A</i> — Fasci esogeni di origine encefalica	226
Via telencefalo-midollare, 227. — Via diencefalo-midollare, 232. — Via mesencefalo-midollare, 233. — Via metencefalo- midollare, 236. — Via bulbo midollare	237
<i>B</i> — Fasci esogeni di origine ganglionare	238
Rami ascendenti, 241; rami discendenti, 244; collaterali . . .	246
<i>C</i> — Fasci endogeni	248
Vie midollo-encefaliche	249
Via midollo-diencefalica, 249. — Via midollo-mesencefalica, 250. — Via midollo-metencefalica, 251. — Via midollo-mielen- cefalica	253
Vie intramidollari	254
<i>D</i> — I fasci della midolla spinale considerati nel loro insieme . .	256
III. <i>Struttura del filo terminale</i>	260
§ 4 — <i>Origine dei nervi spinali</i>	262
<i>A</i> — <i>Origine apparente</i>	268
<i>B</i> — <i>Origine reale</i>	271
Radici anteriori, 271; radici posteriori	281
§ 5 — <i>Vasi sanguiferi</i>	287

	Pagine
I. <i>Arterie</i>	287
II. <i>Capillari</i>	297
III. <i>Vene</i>	299
§ 6 — <i>Sviluppo</i>	303
Placca basale, placca del tetto, 304; pareti laterali 306. —	
Filo terminale, 309. — Vasi sanguiferi	310
§ 7 — <i>Anatomia comparata</i>	312

CAPITOLO QUINTO

Encefalo in generale

Definizione	316
Nomenclatura	316
§ 1 — <i>Caratteri generali</i>	316
Situazione, 316. — Limiti, 318. — Dimensioni, 318. — Dia-	
metri, 319. — Superficie, 320. — Volume, 320. — Peso, 321.	
— Colore e consistenza, 328. — Rapporti, 329. — Mezzi di	
fissazione	330
§ 2 — <i>Forma</i>	330
<i>A</i> — <i>Conformazione esterna</i>	330
<i>B</i> — <i>Conformazione interna</i>	335
§ 3 — <i>Nervi encefalici</i>	339
§ 4 — <i>Sviluppo generale e divisione</i>	342
§ 5 — <i>Notizie fondamentali intorno alla anatomia comparata dell'encefalo</i> .	351

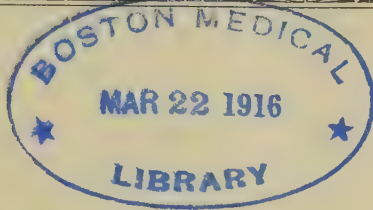
CAPITOLO SESTO

Mielencefalo

Definizione e costituzione	356
§ 1 — <i>Caratteri generali</i>	358
Situazione, 358. — Limiti, 359. — Dimensioni, 360. — Peso,	
361. — Colore e consistenza, 361. — Rapporti, 361 — Mezzi	
di fissazione	363
§ 2 — <i>Forma</i>	364
<i>A</i> — <i>Forma esterna</i>	364

	Pagine
Faccia anteriore, 365. — Faccie laterali, 367. — Faccia posteriore, 368. — Basi	372
<i>B</i> — <i>Forma interna</i>	376
I. Conformazione interna della midolla allungata	376
Strato grigio corticale, 377. — Sostanza grigia interna, 379; sostanza grigia interna comune alla midolla spinale ed alla midolla allungata, 380; sostanza grigia propria alla midolla allungata, 387. — Sostanza bianca	392
2. Forma interna della tela coroidea	396
3. Condotto e ventricolo mielencefalico	399
<i>C</i> . — <i>Anomalie e varietà</i>	405
§ 3 — <i>Struttura</i>	406
I. <i>Struttura della sostanza grigia</i>	406
<i>a</i>) Strato grigio corticale	407
<i>b</i>) Sostanza grigia interna	408
Struttura generale, 408. — Sostanza grigia comune al bulbo ed alla midolla spinale, 408; zona grigia centrale, 408; zone grigie anteriori, 426; zone grigie posteriori, 427; formazione reticolare, 430. — Sostanza grigia interna propria al bulbo, 434; nuclei dei fascicoli gracili e cuneati, 434; nuclei olivari inferiori e nuclei paraolivari, 442; nuclei del rafe	446
II. <i>Struttura della sostanza bianca</i>	448
<i>A</i> — Fasci esogeni discendenti	450
Via telencefalo-bulbare, 450. — Via diencefalo-bulbare, 455. — Via mesencefalo-bulbare, 457. — Via metencefalo-bulbare	461
<i>B</i> — Fasci esogeni ascendenti	464
Fascio cuneato e fascio gracile, 465. — Via midollo-diencefalica, 467. — Via midollo-mesencefalica, 467. — Via midollo-metencefalica, 468. — Via midollo-bulbare	470
<i>C</i> — Fasci esogeni ganglionari	470
<i>D</i> — Fasci endogeni discendenti	475
Via bulbo-midollare	476
<i>E</i> — Fasci endogeni ascendenti	478
Via bulbo-metencefalica, 478. — Via bulbo-mesencefalica, 481. — Via bulbo-diencefalica.	481
III. <i>Struttura della midolla allungata considerata nell'insieme</i>	485
IV. <i>Struttura della tela coroidea</i>	492
§ 4 — <i>Origine dei nervi mielencefalici</i>	499
1 — <i>Nervo ipoglosso</i>	499

	Pagine
Origine apparente	499
Origine reale	501
2 — <i>Nervo spinale</i>	506
Origine apparente	507
Origine reale	509
3 — <i>Nervo vago</i>	514
Origine apparente	515
Origine reale	516
4 — <i>Nervo glosso-faringeo</i>	522
Origine apparente	522
Origine reale	523
5 — <i>Nervo vestibolare</i>	524
Origine apparente	526
Origine reale	525
§ 5 — <i>Vasi sanguiferi</i>	533
I. <i>Arterie</i>	533
II. <i>Capillari</i>	539
III. <i>Vene</i>	541
§ 5 — <i>Sviluppo</i>	543
A — <i>Morfogenesi</i>	543
B — <i>Istogenesi</i>	553
C — <i>Vasi sanguiferi</i>	559
§ 7 — <i>Anatomia comparata</i>	561



CAP. I.

La struttura del sistema nervoso centrale

Il sistema nervoso centrale è un complesso di *organî* formati da tre tessuti, cioè da *tessuto nervoso*, da *tessuto gliale* e da *tessuto connettivo* (1). I due primi sono da riguardare come i costituenti fondamentali degli organi nervosi. Il tessuto connettivo è un costituente di secondaria importanza, che circonda gli organi nervosi con speciali guaine (*meningi*) e che penetra nel loro interno come tessuto dei vasi sanguiferi e linfatici; esso non si addentra negli organi nervosi tanto al principio dello sviluppo come nei vertebrati più bassi (acrani) (Sterzi).

Il tessuto nervoso è il tessuto specifico del sistema nervoso, quello che compie la funzione nervosa; il tessuto gliale è un tessuto di sostegno, che costituisce lo stroma tra le cui trabecole sono sparsi gli elementi nervosi. Per conseguenza si possono trovare organi con funzione nervosa privi di tessuto gliale, ma non si hanno mai organi che abbiano tale funzione e non contengano tessuto nervoso.

A seconda del modo di riunirsi ed a seconda degli elementi che lo formano, il tessuto nervoso ed il tessuto gliale possono produrre od una sostanza molle, di colore cinereo (*sostanza grigia*), oppure una sostanza più resistente, di colore bianco-roseo (*sostanza bianca*).

(1) In tutti i libri di anatomia e di istologia il tessuto nervoso ed il tessuto gliale sono considerati come un tessuto unico, al quale vien dato il nome di *tessuto nervoso*; ma per *tessuto* s'intende un insieme di cellule della medesima specie, simili tra loro per struttura e funzione; invece il tessuto nervoso ed il gliale (e meglio lo vedremo in seguito) sono di specie diversa e sono tra loro differenti per struttura e funzione.

Il tessuto nervoso è costituito dalle *cellule nervose*, che sono quindi gli elementi specifici del sistema nervoso centrale; esse vengono formate da un *corpo* e da *prolungamenti*, alcuni dei quali, circondandosi di particolari guaine di natura gliale o connettiva, possono divenire *fibre nervose*.

Il tessuto gliale consta di due sorta di elementi, cioè delle *cellule gliali* e delle *cellule endodimali*; questi elementi sono diversi nella forma, ma simili nella struttura e nella funzione.

Potremo quindi raggruppare nel modo seguente i tessuti che formano il sistema nervoso centrale:

- | | | | |
|-----|------------------------------|---|--------------------------------|
| A — | Tessuto nervoso | { | Cellule nervose e loro prolun- |
| | | | gamenti (Fibre nervose). |
| B — | Tessuto gliale | { | Cellule gliali |
| | | | Cellule endodimali |
| C — | Tessuto connettivo | { | Vasi sanguiferi e linfatici |
| | | | Meningi |

Gli elementi del tessuto nervoso e quelli del tessuto gliale normalmente durano quanto la vita dell'organismo; per conseguenza in condizioni normali non vi sono distruzione e rigenerazione di cellule nervose o gliali od endodimali.

Tessuto nervoso

A - Cellula nervosa

Notizie storiche -- La cellula nervosa o *cellula gangliare*, scoperta dal Leeuwenhoek (1684), non richiamò l'attenzione degli anatomici che nella prima metà del secolo scorso, specialmente in seguito alle ricerche dell'Ehrenberg (1833), del Valen-



Fig. 1 — Cellula nervosa multipolare (Cellula radicolare somatica della midolla spinale del bue). Dal Deiters. — *a*, neurite; *b*, *b*, dendriti; *c*, corpo.

tin (1836) e del Purkinje (1839). Quest'ultimo Autore vide che dalle cellule della corteccia cerebellare, che oggi hanno il suo nome, originano dei prolungamenti, ed osservò che il corpo cellulare è formato da una massa citoplasmatica contenente un nucleo; nel nucleo il Valentin scoprì il nucleolo.

Il Remak (1836 - 38) ha il merito di aver dimostrato che le fibre nervose (scoperte fin dal 1787 dal nostro Fontana) originano sempre dalle cellule nervose e che queste producono sempre parecchi prolungamenti.

Dopo le ricerche del Remak, le notizie intorno all'intima struttura della cellula nervosa fecero rapidi progressi. Nella lunga schiera di ricercatori che legarono il loro nome a questo argomento e che sono elencati nella ottima rassegna storica dello Stieda (1899), devono essere specialmente ricordati i nomi del Kölliker, di M. Schultze, del Ranvier, del Gerlach, del Flemming, del Golgi, del His, del Cajal, dell'Ehrlich, del Kupffer, del Nissl, del Benda, del Held, del Lugaro, di G. Levi, dell'Apàthy, del Bethe, dell'Athias, del Donaggio, del Fragnito, ecc.

Morfologia

La cellula nervosa è costituita da un *corpo* (fig. 1, c) dal

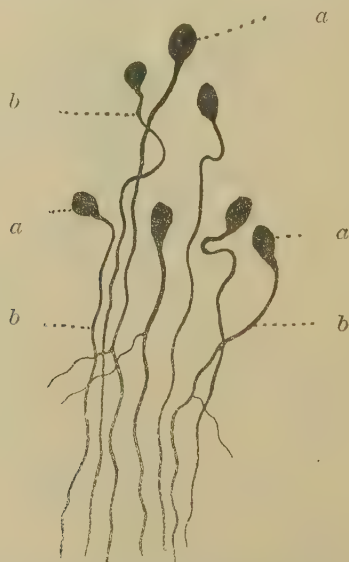


Fig. 2 — Cellule nervose unipolari (cellule radicolari del nervo trigemino dell'uomo). — a, a, corpi cellulari; b, b, neuriti.

quale si dipartono dei *prolungamenti* (*a*, *b*); il numero e la forma di questi ultimi variano molto nelle diverse cellule nervose. Nel tessuto nervoso adulto non si trovano mai *cellule apolari* ossia sprovviste di prolungamenti.

A seconda del numero dei prolungamenti le cellule nervose si distinguono in *cellule unipolari* (con un solo prolungamento; fig. 2), in *cellule bipolari* (con due prolungamenti; fig. 3) ed in *cellule multipolari* (con più di due prolungamenti; fig. 1). Le cellule bipolari si chiamano *cellule opposito-polari* (fig. 3, E) se i prolungamenti originano in punti opposti del corpo cellulare; ma possono anche originare vicinissimi l'uno all'altro (fig. 3, C. F. G.) e possono decorrere per un certo tratto addossati e poi separarsi bruscamente, ed in tal caso le cellule diconsi *cellule a T* (fig. 3, A, B, D).

Corpo cellulare — La forma del corpo cellulare è molto



Fig. 3 — Cellule nervose (cellule di un ganglio spinale di embrione di pollo al 12.o giorno d'incubazione). Dal Cajal. — A, cellula a T; B, D, reti di neurofibrille in cellule a T; C, cellula bipolare tipica; E, cellula opposito-polare; F, G, neurofibrille nelle cellule bipolari; H, reticolo neurofibrillare perinucleare.

variabile, ma ordinariamente ha rapporto col numero dei prolungamenti che da esso emanano. Nelle cellule unipolari e nelle cellule a T il corpo è più o meno piriforme e la sua estremità sottile si continua col prolungamento cellulare (fig. 2 e 3). Nelle cellule opposto-polari il corpo è fusiforme e dai suoi apici traggono origine i prolungamenti (fig. 3, E). Nelle altre bipolari (fig. 3, C. F. G.) e nelle multipolari (fig. 1) il corpo cellulare ha forma



Fig. 4 — Cellula nervosa lobulata (dal ganglio semilunare di uomo, sec. G. Levi). — Ingrand. 685 D. — *a*, corpo cellulare; *b*, *b*, lobulazioni.

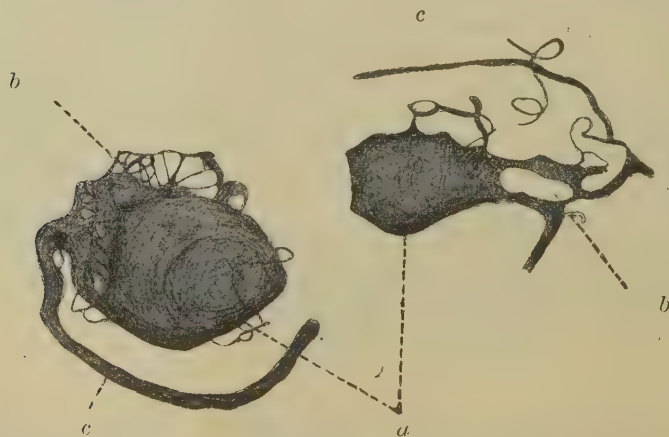


Fig. 5 — Cellule nervose fenestrate (del ganglio semilunare umano, secondo G. Levi). — Ingrand. 685 D. — *a*, corpi cellulari; *b*, *b*, fenestature; *c*, *c*, neuriti.

varia, che però può essere ricondotta a quella di una massa sferoidale che presenta grosse escrescenze coniche, ciascuna delle quali corrisponde alla origine di un prolungamento. Oltre che dal numero e dalla disposizione dei prolungamenti la forma del corpo cellulare dipende anche dai rapporti che esso prende con cellule o con organi vicini, i quali possono variamente comprimerlo.

La superficie del corpo cellulare di solito è liscia; però possono dipartirsi da essa dei lobi o delle corte appendici clavate (specialmente nelle cellule di alcuni gangli; fig. 4). Queste appendici (che non vanno confuse coi prolungamenti ricordati sopra) possono riunirsi con le loro estremità, costituendo delle anse semplici o disposte in modo da formare una rete attorno al corpo cellulare (fig. 5). Se tale rete è molto complicata, la periferia del corpo cellulare può prendere un aspetto fenestrato (*cellule fenestrate*: G. Levi nel ganglio plessiforme dell'uomo). Talvolta tra appendici che terminano molto assottigliate la superficie cellulare presenta delle incavature; allora il corpo cellulare sembra che alla periferia sia stato eroso (*cellule corrose*: in alcuni gangli simpatici). Probabilmente si riattacca a queste forme la presenza di depressioni che dalla superficie del corpo cellulare penetrano nel suo interno e lo attraversano in totalità o terminano a fondo cieco; in esse si può spingere un reticolo che circonda il corpo cellulare (Besta) e che studieremo in seguito a proposito della struttura, e talvolta vi possono penetrare anche dei capillari sanguiferi, almeno nei cranioti inferiori. Si può anche osservare un sistema di canalini che sembrano dipartirsi dalla superficie del corpo cellulare e penetrare nel suo interno (canalini intracellulari); essi verranno pure studiati nell'esaminare la struttura della cellula nervosa.

Prolungamenti. — I prolungamenti della cellula nervosa si distinguono a seconda dei loro caratteri anatomici e fisiologici



Fig. 6 — Cellule nervose multineuritiche (della corteccia cerebrale del vitello neonato). — a, a, corpi cellulari; b, b, neuriti; c, c, dendriti.

in *prolungamenti citoplasmatici o dendriti* (fig. 1 *b, b*) ed in *prolungamenti cilindrici o neuriti od axoni* (*a*).

Le cellule unipolari (fig. 2) solo fornite del solo neurite. Nelle bipolari (fig. 3) uno dei prolungamenti è ordinariamente neurite e l'altro è dendrite; ciò vale anche per le cellule a T, nelle quali il dendrite ed il neurite per un certo tratto decorrono riuniti e poi si separano; qualche volta però (ad es. nel ganglio vestibolare) i due prolungamenti della cellula bipolare sono entrambi neuriti, e questo fatto si verifica anche nelle cellule a T di alcuni gangli. Nelle cellule multipolari di solito si hanno un neurite e parecchi dendriti (*cellule mononeuritiche o monoassoniche*: fig. 1); talvolta i neuriti sono due (*cellule bineuritiche o biassoniche*; L e n h o s s è k); infine più raramente i neuriti sono tre od in numero maggiore (*cellule multineuritiche o multiassoniche*: ad es. le cellule del Cajal nella corteccia cerebrale, fig. 6).

Le differenze morfologiche tra neurite e dendrite sono molte. Il neurite per lo più origina da una piccola rilevatezza regolarmente conica del corpo cellulare (*cono di origine o di emergenza*; fig. 1), il dendrite da una rilevatezza più grossa e polimorfa; il neurite è sottile, cilindrico, a superficie liscia (fig. 1, *a*), il dendrite è invece grosso, di forma irregolare, munito di asprezze, di rigonfiamenti o di depressioni (fig. 1, *b b*); il neurite termina dividendosi in diramazioni sottili, che per lo più originano ad angolo retto dal tronco, mentre il dendrite termina con rami grossi che originano ad angoli acuti. La intima struttura è profondamente diversa nel neurite e nel dendrite; ma di essa ci occuperemo in seguito.

Neurite — Il neurite origina direttamente dal corpo cellulare (fig. 1-3) oppure si distacca dalla base di un grosso dendrite (fig. 6). Talora conserva calibro uniforme fino alla sua terminazione, talora si assottiglia a misura che si allontana dal corpo cellulare. Nel sistema nervoso centrale del neonato e più ancora in quello del feto presenta lungo il suo cammino delle piccole dilatazioni a rosario (*varicosità*) (fig. 7). Nella sostanza grigia il neurite decorre di solito ondulato; in quella bianca per lo più ha invece decorso rettilineo. Passando dalla sostanza grigia nella sostanza bianca il neurite ordinariamente si circonda di una guaina di sostanza grassa (*guaina mielinica*) e quando esce dal sistema nervoso centrale per costituire i nervi periferici si riveste di solito anche di una seconda guaina o *nevrilemma*. Il

neurite circondato da una o da entrambi queste guaine forma una fibra nervosa ed esso prende allora il nome di *cilindrassa*.

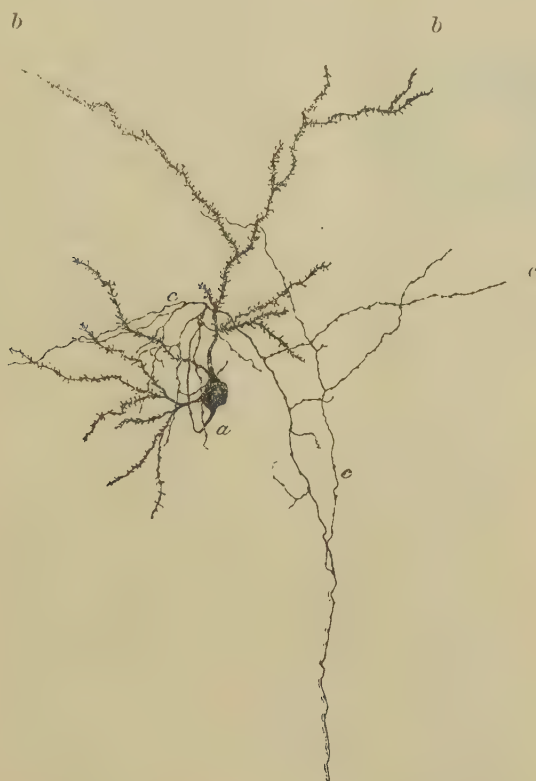


Fig. 7 — Cellula nervosa con neurite varicoso e dendriti spinosi (cellula piramidale di corteccia cerebrale di cavia, sec. Athias). — *a*, neurite; *b*, *b*, dendriti; *c*, *c*, *c*, collaterali del neurite.

Di regola i neuriti dopo la loro origine decorrono dritti o poco ondulati verso la terminazione; talvolta (ad es. in alcune cellule piramidali della corteccia cerebrale) il neurite circonda più o meno completamente il corpo cellulare (fig. 7), formando così un'ansa prima di incamminarsi verso la sua terminazione; tal'altra volta (cellule dei gangli spinali) il neurite subito dopo l'origine si avvolge su sè stesso, formando o una specie di gomito (glomerulo neuritico) od una spirale (spirale neuritica) che circonda più o meno il corpo cellulare, e dopo aver ciò fatto esso si incammina verso la sua terminazione (fig. 8).]

La terminazione del neurite avviene per mezzo di molteplici ramificazioni, che nel loro insieme costituiscono l'*arborizzazione*

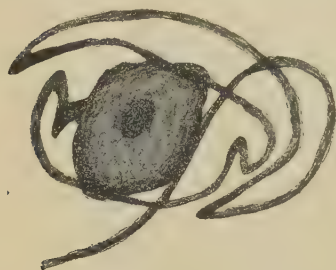


Fig. 8 — Cellula nervosa con spirale neuritica (dal ganglio semilunare umano, secondo G. Levi). Ingrand = 685 D.

neuritica; questa si può produrre dopo che il neurite è uscito dalla sostanza grigia ed ha attraversato la sostanza bianca (fig. 9, c), oppure senza che il neurite esca dalla sostanza grigia (fig. 9, a b); nel primo caso si hanno le *cellule del I tipo* (del Golgi), nel secondo caso le *cellule del II tipo* (del Golgi). Nelle cellule del I tipo il neurite, lungo il suo cammino nella sostanza grigia o nella sostanza bianca o in entrambe può dare origine a

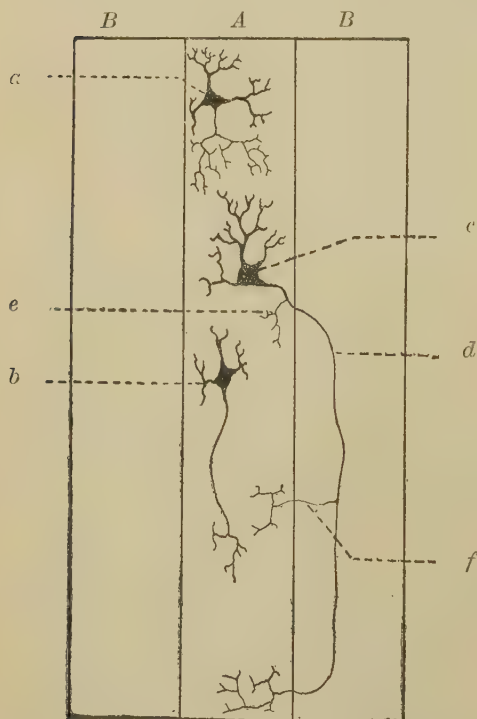


Fig. 9 — Cellule del I tipo e cellule del II tipo. Schema. — A, sostanza grigia; B, B, sostanza bianca; a, cellula del II tipo axoramificata; b, cellula del II tipo con lungo neurite; c, cellula del I tipo; d, suo neurite; e, axodendrite; f, collaterale.

delle diramazioni le quali di solito si distaccano da esso ad angolo retto; le diramazioni neuritiche nella sostanza grigia (fig. 9, e) si chiamano *axodendriti* (Lenhossék), quelle nella sostanza bianca (f) diconsi *collaterali* (Cajal); nella sostanza bianca i neuriti possono anche biforcarsi prima di terminare (*neuriti biforcati*: Cajal). Le cellule del II tipo possono comportarsi in due modi principali, cioè il loro neurite o termina a brevissima distanza dal corpo cellulare (*cellule axoramificate*) (fig. 9, a) o termina ad una notevole distanza da esso (b); in questo secondo caso le cellule nervose assomigliano a quelle del I tipo, con la differenza però che il loro

neurite, non attraversando la sostanza bianca, non presenta mai una guaina mielinica.

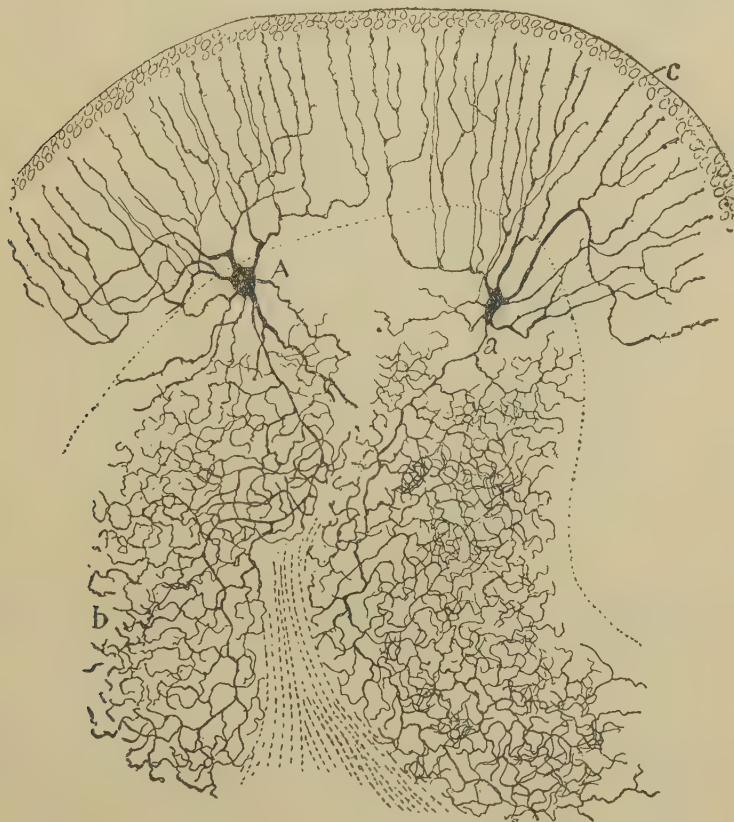


Fig. 10 — Arborizzazioni dendritiche e neuritiche (cellule axoramificate della corteccia cerebellare del gatto). Dal Cajal. — A, corpo cellulare; a, neurite; b, sua arborizzazione; c, dendriti.

Le arborizzazioni terminali, tanto nelle cellule del I tipo e nelle loro collaterali che in quelle del II tipo, avvengono perchè il neurite (che nelle cellule del I tipo, quando sta per terminare, perde la sua guaina mielinica), dopo essersi leggermente rigonfiato si divide in due rami, e questi a loro volta tornano a dividersi, e così si ripete per le diramazioni successive, fino a formare un fitto complesso, paragonabile a quello prodotto dal ramificarsi di un albero (fig. 10). Molti ammettono che le ultime

diramazioni siano libere, cioè non si anastomizzano con diramazioni provenienti da altre cellule; ma di questo argomento ci occuperemo in modo speciale nello studiare i rapporti tra le cellule nervose.

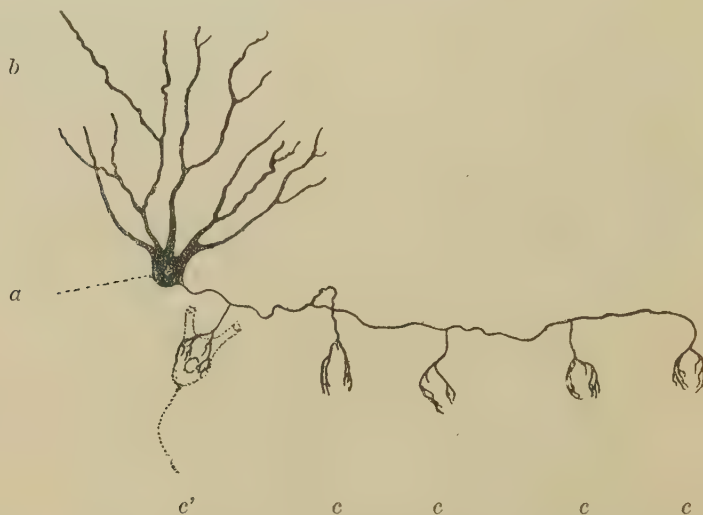


Fig. 11 — Cestellini terminali (cellula dello strato molecolare della corteccia cerebellare del gatto). — *a*, corpo cellulare; *b*, dendriti; *c*, *c*, cestellini terminali; *c'* cestellino attorno ad una cellula (del Purkinje).

Le arborizzazioni sono più o meno complicate; talvolta una arborizzazione circonda un corpo cellulare (fig. 11 e 12), costituendogli attorno una sorta di capsula o di paniero (*cestellino terminale*: Kölliker), o circonda un glomerulo neuritico (*arborizzazione periglomerulare*: Cajal ed Oloriz); tal'altra le terminazioni di un neurite si espandono attorno ai dendriti in guisa da rivestirli fino alle loro ultime diramazioni (*arborizzazioni peridendritiche*), comportandosi così come fa l'edera attorno ai tronchi degli alberi (fig. 12); nelle arborizzazioni ora ricordate si osservano talora dei rami del neurite che percorrono per lungo tratto la superficie di un dendrite prima di terminare e nella corteccia cerebellare, ove tali rami neuritici sono bene manifesti, hanno il nome di *fibre rampicanti* (fig. 12).

Spesso nelle arborizzazioni terminali si osservano ringonfiamenti, che possono essere piccoli e trovarsi sul decorso delle diramazioni neuritiche, nel qual caso hanno il nome di *varico-*

sità, oppure più grossi e trovarsi nei punti di biforcazione delle diramazioni; talvolta (*fibre muschiose* del cervelletto) i rami

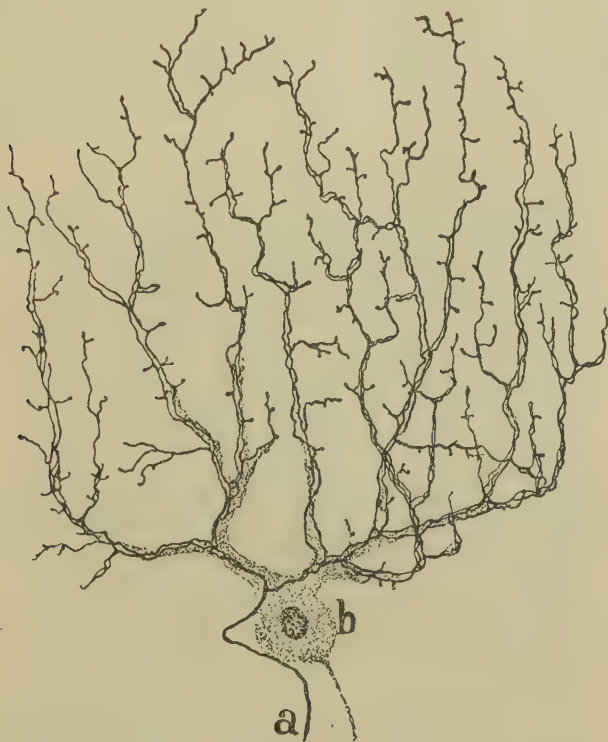


Fig. 12 — Arborizzazioni peridendritiche. — *a*, fibra rampicante attorno ai dendriti di una cellula del Purkinje (*b*) della corteccia cerebellare umana (secondo il Cajal).

principali di un'arborizzazione presentano rigonfiamenti sferoidali o poliedrici (fig. 13), dai quali si dipartono tre o più rami secondari, che possono anche suddividersi in rami terziari (fig. 14).

Per lungo tempo si è ammesso che gli ultimi rami delle arborizzazioni neuritiche terminassero senza presentare alcuna particolarità; ora è invece dimostrato che la massima parte di essi termina con rigonfiamenti o *bottoni terminali*, sferoidali o schiacciati in modo da assumere l'aspetto di laminette ellittiche o rotondeggianti, che assomigliano alla testa dei nemaspermî umani (fig. 15). Per lo più gli ultimi rami delle arborizzazioni mostrano anche delle varicosità schiacciate che hanno forma

varia e talvolta sono così vicine l'una all'altra da costituire una

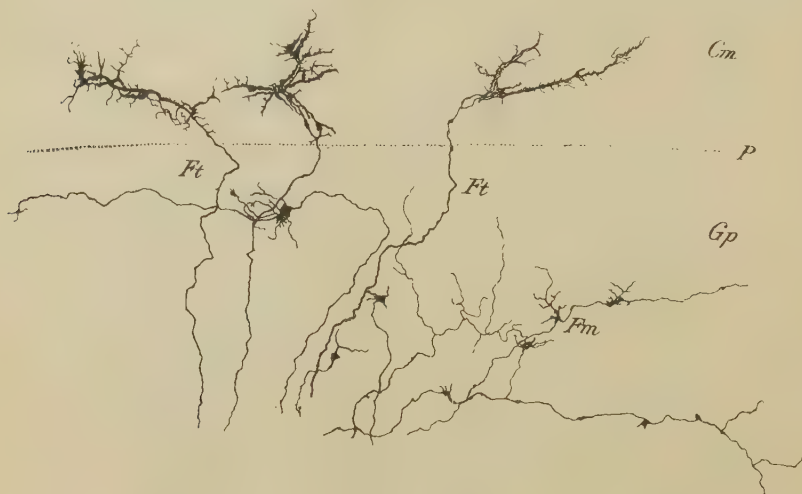


Fig. 13 — Fibre muschiose (*Fm*) e fibre rampicanti (*Ft*) della corteccia cerebellare (secondo l'Athias). — *Cm*, strato molecolare; *P*, posizione dei corpi delle cellule del Purkinje; *Gp*, strato dei granuli.

specie di rosario (fig. 15); non di rado si notano varicosità espanse in una rete (fig. 16).



Fig. 14 — Rigonfiamenti nelle arborizzazioni neuritiche (dal Cajal).

I bottoni terminali e le varicosità stanno addossati alla superficie di un corpo cellulare o di un dendrite, secondochè l'arborizzazione neuritica si espande su quello, su questo o su entrambi; e lasciando da parte la questione se vi sia vera continuità tra bottoni terminali e corpo cellulare o dendrite, è però unione così intima fra essi che disgregando del tessuto nervoso i bottoni si distaccano dall'arborizzazione neuritica e rimangono attaccati al corpo cellulare od al

dendrite. Nello studiare i rapporti tra le cellule nervose vedremo quale sia l'importanza dei bottoni terminali e delle varicosità.

In alcuni casi i bottoni terminali sono sostituiti da larghe lamine, che corrispondono ad una intiera arborizzazione od a parte di essa, disposte a coppa per accogliere il corpo di una cellula nervosa (come ad es. i calici che circondano le cellule del corpo trapezoide).

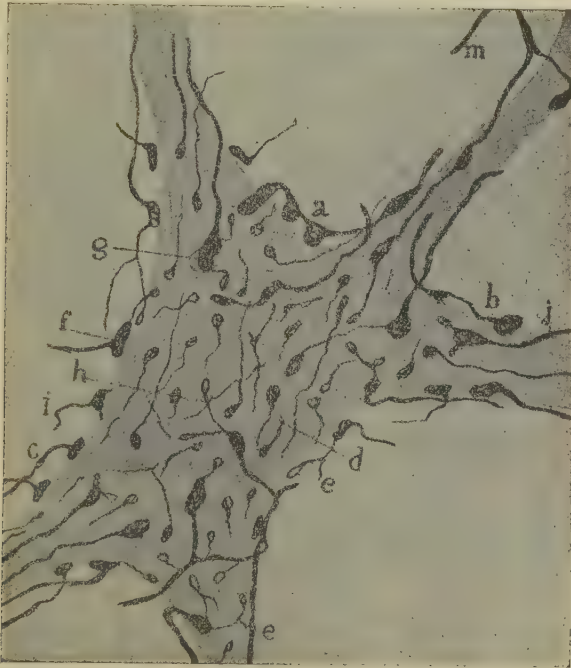


Fig. 15 — Bottoni terminali sopra ad una cellula radicolare somatica della midolla spinale del cane (dal Cajal). — *a, b, c, d, ecc.*, varie forme di bottoni terminali.

Se si confrontano queste terminazioni dei neuriti nella sostanza nervosa dei centri e quelle che avvengono alla periferia del corpo, si nota una grande somiglianza, e questo fatto anatomico deve avere grande importanza rispetto alla funzione nervosa.

Dendrite — Il dendrite si distacca sempre dal corpo cellulare e anch'esso termina a distanza più o meno grande da quello

(fig. 1); in una medesima cellula si possono avere dendriti che terminano vicinissimi al corpo cellulare e dendriti che terminano molto lontani (fig. 8). Inoltre talora i dendriti sono molto grossi,



Fig. 16 — Bottoni terminali ramificati (attorno a tre cellule A, B, C, del nucleo ventrale dell'acustico del coniglio, secondo il Cajal. — a, a, ramificazioni neuritiche; b, c, bottoni terminali.

tal'altra sottili; in generale il numero è inversamente proporzionale alle dimensioni. In alcune cellule (cellule piramidali della corteccia cerebrale) si ha un dendrite molto voluminoso, che sembra la diretta continuazione del corpo cellulare, ed una serie di dendriti sottili (fig. 17).

Abbiamo già notato che i contorni dei dendriti si mostrano irregolari per la sporgenza di punte e di rilevatezze variamente foggiate. In alcune cellule (cellule del Purkinje della corteccia cerebellare) le rilevatezze si presentano in forma di piccole *spine* (fig. 7, fig. 18), le quali sono vicinissime le une alle altre, così da coprire interamente la superficie del dendrite, sulla quale s'inseriscono ad angolo retto (*dendriti spinosi*); le spine terminano con un *bottoncino terminale*. Nelle cellule nervose fetali ed in

alcune cellule dell'adulto i dendriti mostrano degli ingrossamenti sferoidali (*varicosità*); però è dubbio se si tratti di un fatto normale oppure di una degenerazione postmortale o di alterazioni artificialmente prodotte dai metodi d'indagine.

Il dendrite termina con una arborizzazione (*arborizzazione dendritica*), paragonabile a quella del neurite; in essa i rami si dividono di solito ad Y e non a T come accade in quest'ultima (fig. 8, 17, 18). L'arborizzazione dendritica di una cellula è più o meno vasta e l'area che essa occupa è direttamente proporzionale al volume del corpo cellulare. Gli ultimi rami della terminazione con speciali metodi di ricerca (metodo del Golgi) mostrano un bottoncino terminale, paragonabile a quello delle spine; non è però certo che si tratti di una disposizione normale. Molti nevrologi ammettono che le terminazioni dei dendriti siano libere come quelle dei neuriti, ma di tale argomento ci occuperemo in modo speciale studiando le connessioni delle cellule nervose.



Fig. 17 — Due cellule nervose (A e B) con un dendrite più grosso degli altri (cellule piramidali del corno di Ammone del coniglio neonato, secondo l'Athias). — a, a, neuriti; b, b, dendriti; c, c collaterali.

Dimensioni

Se consideriamo nell'insieme il corpo cellulare con tutti i suoi prolungamenti, troviamo che le dimensioni delle cellule nervose sono molto varie; da cellule axoramificate che si estendono per un'area di 15 — 20 μ (1) si passa a cellule del I° tipo che possono essere lunghe oltre un metro.

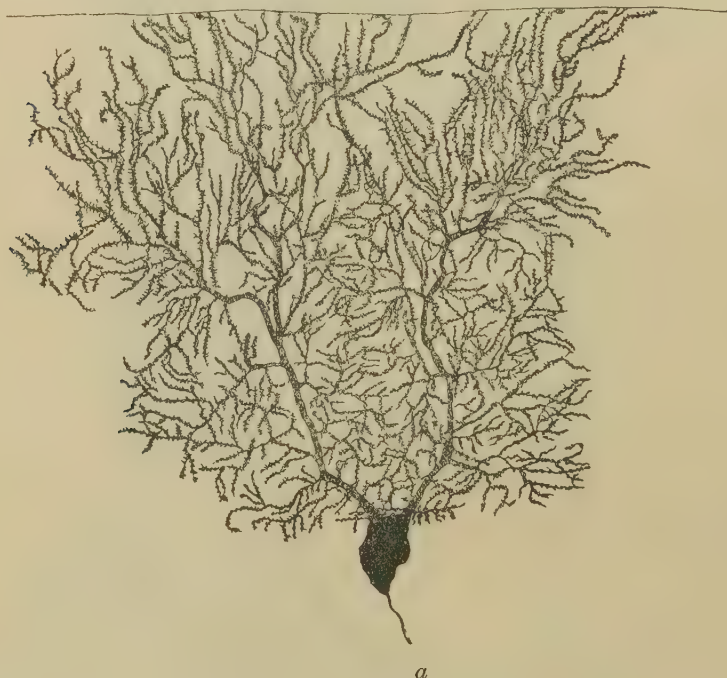


Fig. 18 — Arborizzazione dendritica (cellula del Purkinje della corteccia cerebellare, secondo l'Athias). — *a*, neurite.

Limitandoci ad esaminare il volume del solo corpo cellulare, troviamo pure grandi differenze nei diametri delle varie cellule; e così da un minimo di 4 — 5 μ di diametro medio che si osserva nei granuli della corteccia cerebellare (i quali hanno così le dimensioni di un linfocita del sangue) si passa, per una

(1) L'unità di misura dell'Anatomia microscopica è il millesimo di millimetro (mm. 0,001) e si indica con la lettera μ .

serie infinita di misure intermedie, ad un diametro medio di 125 μ nelle cellule radicolari della midolla spinale ed in quelle del nucleo vestibolare laterale della midolla allungata. Si è voluto porre in relazione il volume del corpo cellulare con la lunghezza del neurite (Pierret, Cavazzani), con la grossezza del neurite (Cajal, Athias), con le dimensioni del corpo dell'animale (Levi), ma i risultati ottenuti sono controversi; il rapporto più probabile è quello tra la grandezza della cellula ed il grado del suo differenziamento (Levi, Marinesco). Anche le dimensioni del neurite e quelle dei dendriti variano molto da cellula a cellula.

Costituzione chimica

Le cellule nervose contengono acqua per circa lo 82 % del loro peso totale (Munk, Schultz); il 15 % di questo peso è costituito di albumina, di sostanze collagene e di sali inorganici (fosfati alcalini e terrosi, sali di ferro, cloruro di sodio); il 3 % infine del peso totale viene prodotto da grassi e specialmente da protagone e da colesterina (Oppenheim). Le cellule nervose in vita hanno reazione alcalina (Langerdorff); però poco dopo la morte questa reazione diventa acida.

Struttura

La cellula nervosa ha una struttura oltremodo complicata, che è in stretto rapporto con la sua complessa funzione. Studieremo prima la struttura del corpo cellulare, poi quella dei suoi prolungamenti.

Corpo cellulare

Il corpo cellulare è costituito dal *nucleo*, circondato da uno strato di *citoplasma* molto differenziato; non esiste una *membrana cellulare*; per ciò il citoplasma nervoso è in rapporto diretto col fine reticolo fibrillare che, come vedremo meglio in seguito, costituisce la parte interstiziale del tessuto nervoso. Il citoplasma è un poco inspessito alla periferia del corpo della cellula (*esoplasma*) e questo strato fu erroneamente creduto membrana cellulare.

Le cellule di alcuni gangli del sistema nervoso periferico sono circondate da una *capsula*, formata da cellule piatte; neppure essa va confusa con le membrane cellulari.

Nucleo — Il nucleo è contenuto nel corpo cellulare e per lo più ne occupa la parte centrale; nei vertebrati inferiori è invece spesso disposto alla periferia e può perfino sporgere dalla superficie del corpo cellulare. Le cellule nervose del sistema nervoso centrale hanno generalmente un solo nucleo; si osservano cellule con due, tre, sei nuclei nei gangli del sistema nervoso periferico.

Riguardo alla forma il nucleo è sferoidale (sferico, ovale, ellissoidale), con superficie liscia, regolare (fig. 1, 3); solo nelle cellule con scarsissimo citoplasma può presentare depressioni o tratti pianeggianti prodotti da compressione di elementi vicini. Le sue dimensioni variano molto; nei nuclei più piccoli il diametro medio è di 4 μ (granuli del cervelletto), nei più grossi è di 20 μ (cellule motrici della midolla spinale); ordinariamente vi è rapporto diretto tra le dimensioni del nucleo e quelle della cellula (Marinesco).

Il nucleo è formato dal *succo nucleare* contenente il *reticolo nucleare* ed il *nucleolo* (e talvolta anche dei *cristalloidi*), e viene circondato da una *membrana nucleare*.

Il succo nucleare è omogeneo e trasparente nelle cellule fresche, leggermente granuloso in quelle fissate; non differisce da quello delle altre cellule.

Il reticolo (fig. 19) viene costituito da un intreccio intricato e non molto fitto di sottili filamenti di cromatina, anastomizzati tra loro nei punti nodali; ha spiccate proprietà acidofile (si colora cioè con i colori acidi, come la fucsina acida, l'eosina, ecc.) ed è formato da *linina*; nei punti nodali si osservano granuli di *lantarina* (G. Levi).

Il nucleolo ordinariamente è unico e centrale; talvolta si hanno due o tre nucleoli (cellule dei gangli spinali). È sferico ed il suo diametro oscilla tra 1 μ e 7 μ (Lenhossék), dimostrandosi direttamente proporzionale al diametro del nucleo. Il nucleolo (fig. 19) di solito è costituito da una zona periferica basofila di nucleina e da una massa centrale acidofila di paranucleina o di pirenina (G. Levi); talvolta la nucleina non circonda completamente la paranucleina e talvolta le due sostanze formano due granuli vicini; ad ogni modo il nucleolo della cellula nervosa

non è un pseudo-nucleolo nel senso del Carnoy, ma è un *nucleolo vero*. Nel nucleolo delle cellule nervose di vari vertebrati furono osservate piccole aree chiare, difficilmente colorabili, che hanno significato oscuro; alcuni le ritengono come vacuoli del nucleolo, altri come ammassi di una sostanza speciale, di natura sconosciuta.

Col nome di *fibrille del Roncoroni* si designano degli speciali filamenti intranucleari, descritti per la prima volta dal Roncoroni (1895). Sono molto facili a porre in evidenza e specialmente nei nuclei delle cellule dei gangli spinali; appaiono come fibrille ora brevi ed ora lunghe, diritte o curve od ondulate, ora scarse ed ora numerose, ora regolari ed ora munite di dilatazioni, ora finissime ed ora grosse, ora isolate ed ora anastomizzate; hanno una grande affinità per le sostanze che colorano la cromatina del nucleo. Il loro significato è molto oscuro; all'opinione che si tratti di derivati della cromatina nucleare (Roncoroni) si oppone quella che siano prodotti artificiali (Lugaro); è certo che non si tratta di formazioni simili a quelle che descriveremo nel citoplasma col nome di cristalloidi, come invece crede qualche Autore (Athias).

Meno frequenti delle fibrille del Roncoroni sono i *corpuscoli acidofili paranucleari*, piccole masse di sostanza acidofila che si trovano nel nucleo di certe cellule (ad es. nelle cellule della sostanza nera del Sömmerring del mesencefalo; Marinesco).

La *membrana nucleare* (fig. 19 *b*) è sottile, liscia, regolare e circonda tutto il nucleo; viene formata da uno strato di anfi-pirenina e quindi nella massima parte dei casi è acidofila; in alcune cellule molto piccole (granuli) appare basofila, ma è dubbio se questa proprietà sia propria alla membrana o se invece non la si deva a granulazioni della cromatina nucleare che le rimangono aderenti. Sulla faccia interna della membrana s'inseriscono i filamenti del reticolo nucleare; la faccia esterna invece è nettamente limitata dal citoplasma.

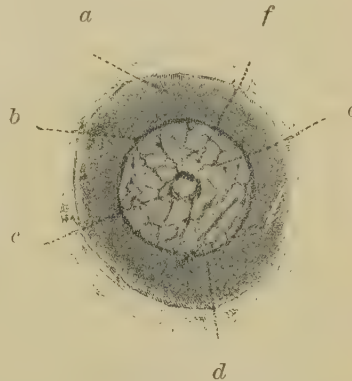


Fig. 19 — Nucleo di cellula nervosa (cellula del nucleo motore del facciale di *Macacus*). — *a*, citoplasma; *b*, membrana nucleare; *c*, nucleolo; *d*, cristalloide; *e*, reticolo con punti nodali ingrossati; *f*, succo nucleare.

Citoplasma — Il citoplasma (impropriamente « protoplasma ») è col nucleo uno dei componenti necessari della cellula nervosa; ne forma tanto il corpo che i prolungamenti.

Può essere in quantità molto variabile, costituendo un velo molto sottile attorno al nucleo, come accade nei granuli del cervello, od uno strato molto abbondante, come si osserva nelle cellule radicolari della midolla spinale. In base alla quantità del citoplasma ed al volume del nucleo le cellule si possono distinguere (Nissl) in *cellule somatocromatiche* (con citoplasma abbondante, ad es. le cellule radicolari della midolla spinale), in *cellule cariocromatiche* (con nucleo grosso e scarso citoplasma, come ad es. le cellule della sostanza gelatinosa del Rolando) ed in *cellule citocromatiche* (con nucleo piccolo e scarso citoplasma, come ad esempio i granuli della corteccia cerebellare).

Il citoplasma ha consistenza mucillagginosa, reazione alcalina durante la vita ed acida dopo la morte; non presenta speciale colorazione, tranne che nelle cellule pigmentate; osservato nel fresco a luce trasmessa ed a debole ingrandimento sembra omogeneo o leggermente granuloso; a forte ingrandimento, senza alterarne in alcun modo la composizione chimica, come ad es. esaminando le cellule fresche in soluzione fisiologica od in siero di sangue, si notano in esso dei granuli, delle fibrille ed altre particolarità, le quali ci dimostrano come la struttura del citoplasma nervoso sia molto complicata. Se poi l'esame del citoplasma viene fatto dopo opportuni trattamenti (per i quali mando il lettore ai libri di tecnica istologica) si vede che la complicità suddetta è molto grande e che presenta una notevole variabilità da cellula a cellula ed anche in una medesima specie di cellule; lo che induce a credere che le differenze di struttura sono legate non solo alle varie specie di cellule nervose, ma anche allo stato di attività o di riposo di una stessa cellula, sia per rispetto alla funzione specifica, sia riguardo alle funzioni comuni a tutte le cellule (nutrizione, respirazione, ecc.). Devesi poi tener presente che i vari metodi che vengono usati per porre in evidenza le particolarità del citoplasma, determinano delle alterazioni strutturali; quindi per poterci fare idea della vera architettura del citoplasma occorre esaminare preparati fatti con metodi diversi.

Qualunque sia il metodo col quale la cellula nervosa è stata trattata, il suo citoplasma ci appare sempre costituito da due

parti, cioè da citoplasma omogeneo o *citoplasma indifferenziato* e da citoplasma granulare, fibrillare ecc. ossia da *citoplasma differenziato*. Le differenziazioni del citoplasma sono di due specie, cioè *differenziazioni granulari* e *differenziazioni fibrillari*; le une e le altre si suddividono in *differenziazioni comuni* a tutte le cellule nervose ed in *differenziazioni proprie* ad alcune. Inoltre nel citoplasma si possono trovare cavità non comunicanti con l'esterno (vacuoli) oppure canali che si aprono alla superficie del corpo cellulare. Nella seguente tabella sono raggruppate le principali particolarità del citoplasma nervoso che studieremo nelle pagine seguenti:

Citoplasma	indifferenziato			
		Differenziazioni	comuni a tutte le cellule	1. Neurosomi 2. Neurofibrille 3. Sostanza cromatica
			proprie ad alcune cellule	4. Centrosoma 5. Apparato reticolare interno 6. Sostanze grasse 7. Pigmento 8. Cristalloidi 9. Granulazioni citoplasmatiche incostanti 10. Apparato reticolare esterno
	differenziato . .			
		Spazi		11. Vacuoli 12. Canalini intracellulari

Devesi subito osservare che il limite tra le differenziazioni comuni a tutte le cellule e le proprie ad alcune cellule è quale viene stabilito dalle indagini fatte fino al momento in cui queste righe vengono scritte; col proseguire degli studi può darsi che questo limite venga spostato, perchè alcune differenziazioni che oggi sono state osservate solo in alcune cellule nervose (come il centrosoma, l'apparato reticolare interno, ecc.), possono essere comuni a tutte le cellule nervose.

Citoplasma indifferenziato — Questa parte del citoplasma cellulare, comunemente nota col nome di *sostanza interfibrillare*, ha l'aspetto che mostra l'ordinario citoplasma cellulare; essa

infatti è reticolare o spugnosa, essendo formata da una sostanza acromatica mucillagginosa (spongioplasma) disposta a maglie od a cellette entro alle quali è contenuto un liquido parimente acromatico (ialoplasma). Secondo recentissime indagini del Retzius lo spongioplasma forma esili filamenti lungo i quali sono intercalati dei granuli; i fili si dividono dicotomicamente e producono un intreccio irregolare, e non vere celle. Questa struttura si osserva anche nei dendriti; nei quali i filamenti spongioplasmatici sono disposti prevalentemente nel senso della lunghezza (Retzius); nel cono di emergenza del neurite le fibre spongioplasmatiche diventano più fitte e si prolungano con un intricatissimo reticolo a maglie allungate che trovasi lungo tutto il neurite.

Citoplasma differenziato — 1) *Neurosomi* (1) — Sono elementi non specifici al citoplasma nervoso, ma comuni al citoplasma cellulare in cui hanno il nome generico di *plastosomi*. Si presentano in forma di granuli o di corti filamenti dritti o leggermente ricurvi (assomigliano a bacilli); i granuli prevalgono nelle cellule piccole, i filamenti nelle grosse (Busana). Furono osservati anche nella cellula vivente.

Sono situati tra le granulazioni cromatiche, con le quali non hanno però alcun rapporto; per lo più formano serie lineari, irregolarmente dirette. Il numero dei neurosomi varia nelle diverse cellule; ora sono molto scarsi, ora invece sono così numerosi da occupare tutto il citoplasma; talora si vedono disseminati uniformemente, talora formano dei mucchietti; sembra che prevalgano subito alla periferia del nucleo (Busana). Oltre che nel corpo cellulare si trovano nei dendriti e nel neurite, ove costituiscono serie parallele, estese fino alle estremità (Nageotte); ne furono veduti anche nei cilindrassili delle fibre nervose, ma sempre in scarso numero. Non sono ancora ben noti i loro rapporti con le neurofibrille, ma sembra assodato che non vanno confusi con esse.

Il loro significato è ancora oscuro; pochi sono d'accordo con l'opinione del Hoven che i neurosomi servano alla forma-

(1) Sinonimia: *Mitocondri*, *Condrioconti*, *Condriosomi*. Il nome adottato nel testo fu introdotto dal Held e concorda con la denominazione generica di *plastosomi* proposta dal Meves (1910), la quale è la più esatta e quella che dovrebbe sempre usarsi (Duesberg).

zione delle neurofibrille; è poi escluso che si possano confondere con l'apparato reticolare interno che descriveremo tra poco; ha maggiore probabilità l'opinione che questi elementi abbiano nel citoplasma nervoso lo stesso significato che hanno nelle altre cellule, cioè che siano elementi la cui funzione principale è legata all'assorbimento ed alla trasformazione delle sostanze nutritive provenienti dal plasma sanguigno (Duesberg). Questo concetto moderno delle granulazioni citoplasmatiche in genere e dei neurosomi in particolare è quindi opposto all'antica teoria dei bioblasti (Altmann), secondo la quale tali granulazioni si dovevano riguardare come i componenti fondamentali della cellula.

Nel citoplasma nervoso si trovano anche altri granuli, ma essi non sono costanti; per ciò verranno descritti tra i componenti accidentali del citoplasma col nome di granulazioni citoplasmatiche incostanti.

2) *Neurofibrille* — Le neurofibrille, già vedute dal Remak (1844) nelle cellule nervose di alcuni invertebrati e confermate poi dal Leydig, dal Beale, dal Deiters, dal Frommann ecc., furono accuratamente studiate da M. Schultze (1871), il quale dimostrò che esse costituiscono un elemento caratteristico e costante del citoplasma nervoso. Dopo la scoperta di metodi di indagine i quali permettono di porle in evidenza in modo molto chiaro (metodi dell'Apàthy, del Donaggio, del Simarro, del Bielschowsky, del Cajal, ecc.) le nostre cognizioni intorno a questi elementi sono enormemente cresciute.

Le neurofibrille (fig. 20) appaiono come esili filamenti continui, bene differenziati dal citoplasma, che si possono vedere anche nella cellula vivente (il qual fatto esclude che siano artificialmente prodotte dalla azione dei reagenti usati per porle meglio in evidenza); sono situate nello ialoplasma e non vanno confuse col reticolo spongioplasmatico. Non hanno sempre la medesima disposizione, ma in una stessa specie di cellule nervose ora formano maglie più fitte ed ora maglie meno fitte, ora appaiono più grosse ed ora più sottili; può darsi che questa diversità nell'aspetto sia legata allo stato di funzionalità della cellula od al metodo usato per dimostrarle.

Ordinariamente sono in grande numero e si trovano sempre tanto nel corpo cellulare che nei suoi prolungamenti (fig. 20 e 21). Sono cilindriche e presentano per lo più diametro costante; solo qualche volta mostrano degli ingrossamenti, come dei noduletti,

raramente disposti in fila l'uno dopo l'altro (Kopsch). Non penetrano mai nel nucleo e neppure ne toccano la superficie, perchè attorno al nucleo permane sempre un sottilissimo alone di citoplasma privo di neurofibrille (fig. 20). La loro composizione

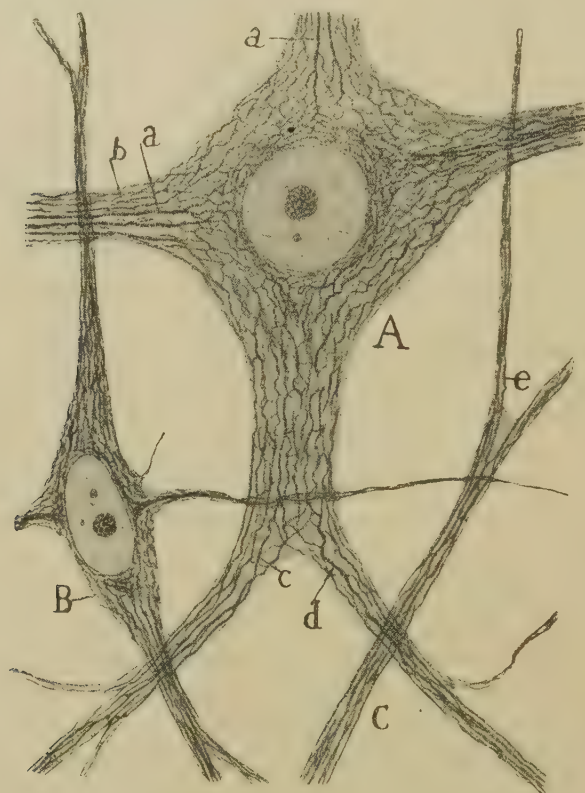


Fig. 20 — Neurofibrille a rete (in cellule funicolari di coniglio, secondo il Cajal). — A, grande cellula; B, cellula piccola; C, dendrite; a, neurofibrille che dai prolungamenti si estendono attorno al nucleo; b, neurofibrille che si continuano con la rete neurofibrillare superficiale del corpo cellulare; c, d, grosse neurofibrille ramificate ed anastomizzate; e, comportamento delle neurofibrille in una ramificazione dendritica.

chimica è ancora sconosciuta; solo sappiamo che sono costituite da una sostanza albuminoidea particolare, la quale ha una spiccata affinità per i sali metallici (e specialmente per il nitrato d'argento, il cloruro d'oro, il cloruro di platino). Questa sostanza albuminoidea è un derivato del citoplasma; infatti le neurofibrille mancano al principio dello sviluppo delle cellule nervose

e compaiono più tardi costituendosi in un punto della massa citoplasmatica, da dove poi si estendono in tutto il corpo cellulare.

Le neurofibrille presentano caratteri diversi nel corpo e nei prolungamenti cellulari.

Nel corpo cellulare le neurofibrille costituiscono un complesso di filamenti, nel quale si possono distinguere *fibrille primarie* e *fibrille secondarie* (Cajal). Le prime (fig. 20) sono più grosse delle seconde ed attraversano il corpo cellulare riunite in piccoli fasci provenendo da un prolungamento per andare ad un altro prolungamento; così esse formano delle arcate con la convessità volta verso il centro della cellula. Le fibrille secondarie costituiscono un intreccio molto complicato, intorno al quale si hanno due opposte opinioni; alcuni autori ritengono infatti che le fibrille siano unite nei punti nodali del reticolo e che per conseguenza formino un vero reticolato a tre dimensioni; altri invece ritengono che la fusione manchi e che per ciò le fibrille formino un arruffio paragonabile a quello dei peli di un bioccolo di lana. A seconda che prevale l'una o l'altra specie di fibrille, le cellule nervose furono divise (Tello) in *cellule a tipo fascicolato* (con prevalenza delle fibrille primarie), in *cellule a tipo reticolare* (con prevalenza delle fibrille secondarie) ed in *cellule a tipo misto*. Molto si è discusso intorno ai rapporti tra fibrille primarie e secondarie; per lungo tempo si sono credute indipendenti, ora pare invece dimostrato che i due sistemi fibrillari siano in continuazione, perchè dalle fibrille primarie si dipartono rami che si continuano col reticolo delle fibrille secondarie (sono però negati recisamente dal Bethe, dall'Economo, ecc.). Le stesse fibrille primarie che, come sopra abbiamo veduto, formano piccoli fasci entro al corpo cellulare, non sono indipendenti l'una dall'altra, ma vengono riunite per mezzo di sottili anastomosi (*fibrille di unione*: Fritsch) (fig. 20); deve però notare che vari Autori (Waldeyer, Bethe, ecc.) negano anche tali anastomosi ed asseriscono che le fibrille sono mantenute unite in ogni fascetto per mezzo di una sostanza cementante perifibrillare ed interfibrillare (*desmoplasma* del Waldeyer).

Nel complesso delle neurofibrille primarie e secondarie che attraversano il corpo cellulare si devono distinguere tre porzioni, cioè una *porzione perinucleare*, una *porzione esoplasmatica* ed una *porzione intermedia*; le due prime porzioni si distinguono dal-

l'ultima perchè le loro fibrille sono più addensate (fig. 21). La porzione perinucleare è formata specialmente dalle fibrille primarie (fig. 20), le quali nell'attraversare il corpo cellulare passano in vicinanza del nucleo, come sopra abbiamo già notatò; oltre alle fibrille primarie, la formano però anche molte fibrille secondarie. Per vari autori essa è una vera rete, per al-

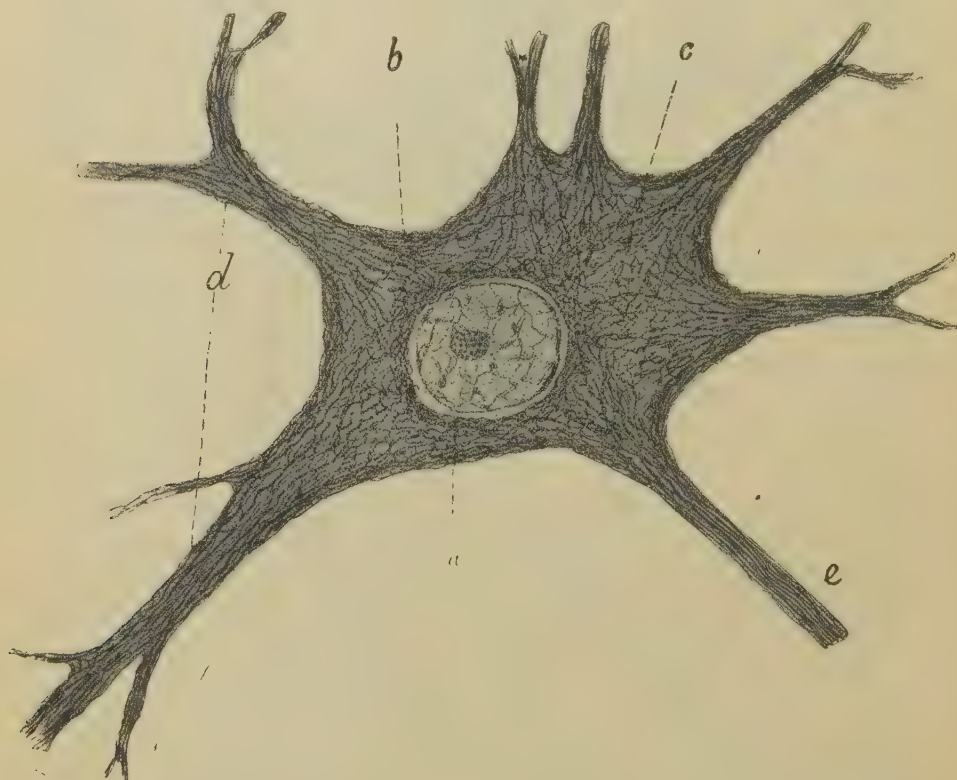


Fig. 21 — Neurofibrille nel corpo cellulare (cellula funicolare della midolla spinale umana). — *a*, rete neurofibrillare perinucleare; *b*, rete neurofibrillare esoplasmatica; *c*, porzione intermedia delle neurofibrille; *d*, dendriti; *e*, neurite.

tri un semplice arruffio di fibrille; lo Schultze ne spiega l'aspetto reticolare facendo notare come vicino al nucleo passino molte fibrille primarie, provenienti dai vari prolungamenti e decorrenti in svariatissime direzioni per andare da un prolungamento all'altro, e quindi esse s'incontrano formando una specie di feltro che dà appunto l'aspetto di un reticolo. La porzione

esoplasmatica è situata alla periferia del corpo cellulare, in quell'alone di citoplasma che ha il nome di *esoplasma* (cfr. a pag. 19); essa è prodotta esclusivamente da fibrille secondarie, costituenti un fino intreccio, tra le cui maglie si trovano per lo più delle granulazioni lipoidi; sarebbe riunita alla rete perinucleare per mezzo degli scarsi filamenti della porzione media e per ciò avrebbe una certa indipendenza (Warfvinge). La porzione intermedia è costituita in prevalenza da fibrille secondarie, le quali hanno un decorso molto irregolare; la attraversano poi le fibrille primarie che vanno a produrre la porzione perinucleare, e queste talvolta tengono decorsi assai strani; così ad esempio le fibrille provenienti dal neurite delle cellule del lobo elettrico dei selaci vanno verso il nucleo formando dei larghi giri a spirale (cfr. Sterzi, 1909).

Nei prolungamenti cellulari le neurofibrille si comportano in modo molto più regolare di quello ora descritto nel corpo cellulare (fig. 3).

Nel neurite, ove le neurofibrille formano un fascio compatto e decorrono come il neurite stesso, il reticolo spongioplasmatico è interposto tra esse; così ci rimane spiegato perchè abbia maglie più fitte che nel corpo cellulare; nel cono di origine del neurite le neurofibrille si espandono a cono distribuendosi nel corpo cellulare secondo uno dei modi sopra descritti (fig. 21). Nei dendriti le neurofibrille formano pure dei fasci in generale meno compatti di quelli del neurite (figg. 20, 21); quando i dendriti si ramificano, le neurofibrille per lo più vanno in parte in uno ed in parte nell'altro ramo del dendrite (fig. 20, e); però talvolta si ramificano anch'esse ed i loro rami vanno nei rami dendritici.

Le ultime diramazioni del dendrite e del neurite sono costituite da una sola neurofibrilla; è probabile che essa venga circondata da un esile strato di citoplasma indifferenziato.

Oltre alle neurofibrille del corpo e dei prolungamenti cellulari si devono ricordare le *neurofibrille pericellulari* che decorrono alla superficie delle cellule dei gangli spinali (Apáthy, Semi Mayer, Bethe, L. Beale, ecc.). Sono fascetti di fibrille, provenienti a quanto pare dal neurite, disposte o a spira (fibrille spirali) o in una rete (rete pericellulare) nello stretto spazio interposto tra la superficie della cellula gangliare ed una speciale capsula endoteliale che contiene tali cellule. Le neurofibrille pericellulari sono riunite alla porzione esoplasmatica delle fibrille cellulari per mezzo di numerose anastomosi (Waldeyer). La presenza delle neurofibrille pericellulari va connessa a quella degli

speciali prolungamenti cellulari e della speciale forma della superficie cellulare nelle cellule gangliari (cfr. a pag. 7).

L'origine e la direzione del decorso delle neurofibrille costituiscono argomenti molto intricati, dei quali ci occuperemo a lungo trattando dei rapporti delle cellule nervose; le indagini fatte specialmente negli invertebrati (Apáthy) e lo sviluppo delle cellule nervose da una massa citoplasmatica comune (neurosincizio: Sterzi) accreditano l'opinione che le neurofibrille si continuino da cellula a cellula nervosa.

Riguardo alla struttura intima delle neurofibrille le opinioni sono molto discordi. La massima parte dei ricercatori ritiene che si tratti di filamenti solidi, per questo aspetto paragonabili alle fibrille di molte altre cellule dell'organismo ed alle fibrille del connettivo. Altri ammettono che siano canalicolate (Schäfer, B. Stillinger) ed affermano che il loro esilissimo lume è riempito da un plasma omogeneo, poco colorabile. Infine alcuni Autori (Apáthy) asseriscono che ogni neurofibrilla è formata da un fascio di *fibrille elementari*; alla terminazione dei prolungamenti cellulari queste ultime si risolvono in un finissimo e complicatissimo intreccio interposto tra le cellule nervose (*neuropilo*); questa struttura è molto chiara in alcuni vermi (irudinei, lombricidi).

Le neurofibrille hanno un'alta importanza fisiologica, perchè costituiscono l'apparato conduttore dell'energia nervosa; lo dimostra l'esperimento, perchè tagliando un fascio di fibrille (ad es. un neurite) si vede che l'energia nervosa non può più distribuirsi al di là della sezione. A questo riguardo si deve però anche notare che il calibro ed il numero delle neurofibrille sembrano in rapporto con la attività ed il riposo della cellula; nelle cellule in riposo le neurofibrille sono grosse e scarse e l'inverso accade nelle cellule in piena attività funzionale (Cajal e Tello esaminando le neurofibrille nelle cellule motrici della midolla spinale di lucertole durante il letargo invernale e dopo tale letargo). Sono state osservate varie alterazioni patologiche delle neurofibrille (ad es. nella rabbia), che possono arrivare fino al dissolvimento neurofibrillare (*fibrillolisi*).

3) *Sostanza cromatica* (1) — Si presenta in forma di pic-

(1) Sinonimia: *granuli cromatici* (Nissl), *granuli*, *corpi o corpuscoli del Nissl* (Held, Flatau, ecc.), *sostanza cromatica* (Marinesco, Lugaro), *sostanza cromofila* (Van Gehuchten, G. Levi), *sostanza tigroide* (Lenhossék),

cole masse o *corpuscoli cromatici*, disseminati nel citoplasma (fig. 22); furono scoperti dall'Arndt (1874) ed illustrati specialmente dal Nissl (1884) il quale ne pose in evidenza la grande importanza morfologica. Hanno l'appellativo di « cromatici » per l'affinità con alcune sostanze coloranti, in special modo coi coloranti basici d'anilina.

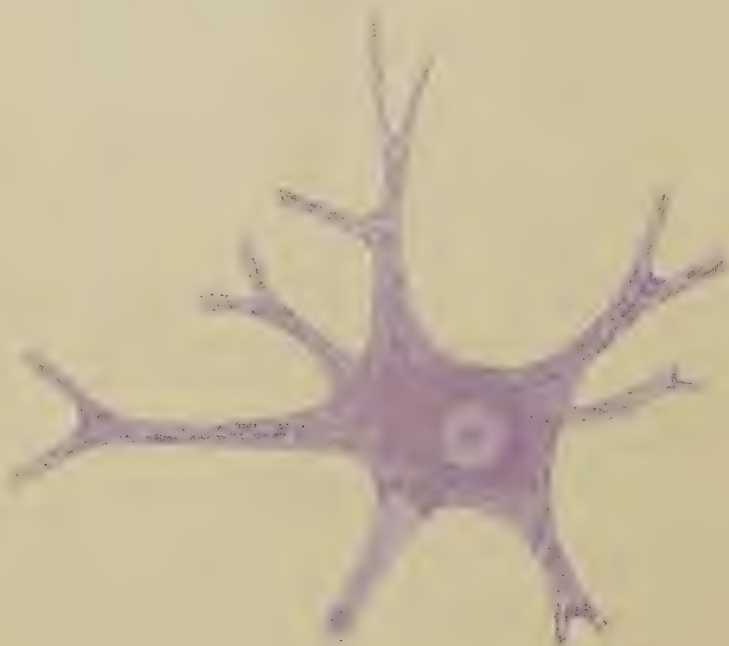
I corpuscoli cromatici si possono osservare anche nella cellula vivente; non sono quindi produzioni artificiali e neppure produzioni postmortali, come per qualche tempo si è ritenuto. Si devono invece riguardare come costituenti normali e caratteristici delle cellule nervose; mancano nelle altre cellule dell'organismo. Furono posti in evidenza in tutte le cellule nervose, escluse solo quelle nelle quali il citoplasma costituisce un sottile velo perinucleare; si ritiene però che in queste ultime non manchino, ma siano così piccoli e così addossati al nucleo da venire confusi con esso.

I corpuscoli cromatici hanno forma molto varia; ora appaiono come granulazioni sferoidali o poliedriche, ora come masse grosse perfino quanto il nucleo e polimorfe. Le loro superficie mostrano degli spigoli e delle sporgenze aguzze come spine, che si continuano coi filamenti spongioplasmatici. Le dimensioni variano da 1 a 8-10 μ di diametro medio; sono quindi molto più grossi dei neurosomi.

Riguardo alla distribuzione nel citoplasma, i corpuscoli cromatici mostrano delle differenze da cellula a cellula; però presentano il carattere generale di trovarsi oltre che nel corpo cellulare, anche nei dendriti e di mancare sempre nel neurite e nel suo cono di origine (fig. 22). Ora sono disposti senza ordine nel corpo cellulare, ora sono aggruppati in un'area determinata; mancano nel sottile strato citoplasmatico che circonda il nucleo (*alone perinucleare*) e mancano pure nello strato periferico del citoplasma (*alone corticale*). Nel corpo delle cellule che hanno un dendrite molto grosso in confronto agli altri (ad es. nelle cellule piramidali), si nota un corpuscolo cromatico poliedrico o conico molto grosso, con uno spigolo o con l'apice volto verso il dendrite principale (*cappuccio cromatico*); nelle grosse cellule bipolari si possono os-

neurocondri (Schneider), citocromatina, sostanza collagena (Van Gieson), sostanza basofila (Eve), ecc.

servare due cappucci, uno per ogni prolungamento. Per la disposizione dei corpuscoli cromatici, le cellule nervose si possono distinguere (Nissl) così:



a

Fig. 22 — Corpuscoli cromatici (cellula radicolare somatica della midolla spinale umana). — a, neurite.

- a) *cellule archiocrome*, nelle quali i corpuscoli sono disposti come le aree comprese tra le maglie di una rete,
- b) *cellule sticocrome*, con corpuscoli formanti serie parallele e concentriche,
- c) *cellule archiosticocrome*, quando mostrano contemporaneamente le due disposizioni suddette,
- d) *cellule griocrome*, con corpuscoli sparsi senza ordine.

La quantità di sostanza cromatica contenuta nel citoplasma varia da cellula a cellula ed in una medesima cellula secondo lo stato di funzione o di riposo. In alcune cellule i corpuscoli sono molto addensati, in altre invece appaiono scarsi; per ciò nelle prime il citoplasma si colora più intensamente che nelle seconde (*cellule cromofile e cromofobe*: Flesch). Prendendo per base l'ad-

densamento dei corpuscoli cromatici le cellule nervose si possono dividere (Nissl) nel modo seguente:

- a) *cellule picnomorfe* (con corpuscoli molto addensati)
- b) *cellule apicnomorfe* (con scarsi e radi corpuscoli)
- c) *cellule parapicnomorfe* (con disposizione intermedia alle precedenti).

Ritenendo poi che l'addensamento non rappresenti un aspetto costante della cellula, ma solo un aspetto momentaneo, perchè la sostanza cromatica varia per quantità in una medesima cellula secondo il momento della funzione, si potrà parlare di *stato picnomorfo*, di *stato apicnomorfo* e di *stato parapicnomorfo* delle cellule nervose.

Nei dendriti i corpuscoli cromatici formano masse allungate, disposte con l'asse maggiore parallelamente all'asse del dendrite (fig. 22; talvolta queste masse producono dei rigonfiamenti nel dendrite. Nei luoghi di biforcazione dei dendriti la sostanza cromatica forma un accumulo piramidale, che mostra la base volta verso la biforcazione e l'apice verso il dendrite; esso chiamasi *cono di biforcazione* (Nissl) (fig. 22). La sostanza cromatica non si spinge fino alle ultime arborizzazioni dendritiche, ma scompare vicino ad esse. Nel neurite la sostanza cromatica non esiste mai (fig. 22); questo è *un carattere importante per distinguere il neurite dal dendrite*. È molto raro osservare qualche corpuscolo cromatico nel cono d'origine del neurite.

I corpuscoli cromatici non sono omogenei, ma hanno una struttura piuttosto complicata; infatti vengono costituiti da un accumulo di minute *granulazioni cromatiche*, ora isolate, ora disposte in fila l'una dietro all'altra in modo da costituire delle esili e cortissime fibre. Queste granulazioni nel fresco hanno una lievissima colorazione giallo-paglierina e per ciò i corpuscoli cromatici presentano uguale colore. Le granulazioni sono costituite da una sostanza proteide, speciale al citoplasma nervoso, la quale per le sostanze coloranti ha affinità simili (ma non uguali) a quelle della cromatina del nucleo; ciò non dimostra che essa sia un derivato nucleare, cioè che sia un nucleoproteide diffusosi nel citoplasma attraverso alla membrana nucleare, come ritiene qualche Autore (Scott).

Non sono ancora ben definiti i rapporti tra citoplasma e granulazioni cromatiche; sembra però che queste siano attaccate al reticolo citoplasmatico (spongioplasma) e si possano considerare come incrostazioni prodottesi sulle maglie di questo reticolo.

Quindi ogni corpuscolo cromatico non è formato da sola sostanza cromatica, ma da questa sostanza e da uno stroma di citoplasma indifferenziato; il citoplasma forma come una sorta di spugna, le cui cellette sono occupate dalle granulazioni cromatiche. Le neurofibrille non prendono alcun rapporto con queste granulazioni; esse decorrono negli spazi tra corpuscolo e corpuscolo.

La genesi della sostanza cromatica non è ancora chiara, non sapendosi se si formi nel citoplasma cellulare in seguito a trasformazioni di sostanze di altra natura penetrate dall'esterno oppure se penetri nel citoplasma essendo già preformata all'esterno di esso; la prima opinione è la più attendibile.

Le proprietà chimiche della sostanza cromatica sono ancora poco note. È insolubile negli acidi, nell'alcool etilico, nell'etere e nel cloroformio; è solubile nelle soluzioni alcaline; resiste alla digestione cloridropeptica, non a quella della tripsina. Pare che si tratti di una nucleo-albumina contenente ferro e fosforo.

Il significato fisiologico della sostanza cromatica è quello di un vero trofoplasma, cioè di un materiale nutritivo accumulato nel corpo cellulare; contro la sua funzione nervosa, contro cioè il concetto che essa rappresenti un vero cinetoplasma (Marinnesco), sta il fatto che la funzione nervosa della cellula si conserva anche quando la predetta sostanza è distrutta od alterata. Per ciò la sostanza cromatica ha solo un'azione indiretta nella funzione nervosa, perchè provvede alla cellula quei materiali che le sono necessari per produrre l'energia nervosa.

La funzione trofoplasmatica è stata dimostrata sperimentalmente esaminando la sostanza cromatica nelle cellule in riposo e nelle cellule affaticate; diminuisce facendo agire sul citoplasma vivente varie energie fisiche (calore, elettricità faradica, ecc.) e varie sostanze chimiche (veleni minerali come arsenico, piombo, fosforo, ecc.; veleni organici come tossine microbiche, narcotici, ecc.). Molti processi patologici possono alterarla, sciogliendola nel citoplasma (cromatolisi), frammentandola (stato polverulento della sostanza cromatica), facendola scomparire del tutto (acromatosi), ecc.

4) *Centrosoma* — Fino a questi ultimi anni era stato negato nelle cellule nervose adulte e la sua mancanza si poneva in rapporto col fatto che le cellule nervose adulte sono incapaci di riprodursi. Però le indagini recenti hanno assodato che il centrosoma delle cellule nervose esiste non solo negli invertebrati,

ove lo si può dimostrare con facilità, e non solo nelle cellule embrionali dei vertebrati, ma anche in molte cellule nervose dei vertebrati adulti; così fu osservato dal Lenhossèk nei gangli spinali di Rana temporaria, e più recentemente dal Dehler, dallo Schaffer, dal Kolster, ecc., anche nelle cellule nervose di vari mammiferi e dell'uomo. Esso appare come un corpicciuolo molto piccolo e quindi per lo addietro lo si confondeva con i neurosomi o con altre granulazioni del citoplasma; la presenza della sostanza cromatica ne rende difficile l'osservazione nell'adulto (N. van der Stricht). È costituito da una piccola massa albuminoidea omogenea, spesso alveolare, che è il *centroplasma*, contenente un granulo refrangente, il *centriolo* (Oppenheim). Talvolta si osservano due centrosomi, posti l'uno accanto all'altro (diplosomi); anzi per alcuni autori (Fuchs) il centrosoma della cellula nervosa è sempre un diplosoma. Di solito il centrosoma si trova in vicinanza del nucleo e spesso il citoplasma che lo circonda immediatamente è più chiaro del resto; dunque anche nella cellula nervosa il centrosoma possiede talvolta un arcoplasma.

Il significato del centrosoma della cellula nervosa è ancora incerto; nelle altre cellule dell'organismo si sa che esso ha grande importanza nella moltiplicazione cellulare, ma nelle cellule nervose adulte questa proprietà manca completamente. È stato osservato (Held) che la zona citoplasmatica nella quale durante lo sviluppo embrionale compaiono le prime neurofibrille, è situata dal lato del corpo cellulare che contiene il centrosoma.

5) *Apparecchio reticolare interno*. — Scoperto dal Golgi (1898) questo apparecchio si presenta come una rete di filamenti sinuosi, con porzioni allargate ed altre ristrette, la quale sta immersa nel citoplasma e costituisce una sfera cava, contenente il nucleo (fig. 23); questo è sempre molto più piccolo di quella ed uno strato di citoplasma più o meno grosso li separa; talvolta si osservano diverticoli dell'apparecchio reticolare che attraversano tale strato e si pongono a contatto con la membrana nucleare, senza però continuarsi con essa. La rete del Golgi non va confusa con la rete neurofibrillare, dalla quale è distinta e differisce per molti caratteri; le neurofibrille non si continuano mai con essa. È pure ben diversa dalla sostanza cromatica (Marcora); anzi (almeno nelle piccole cellule dei gangli spinali) l'apparecchio reticolare interno si trova precisamente in una zona

citoplasmatica perinucleare ove manca la sostanza predetta (Collin e Lucien).

L'apparecchio reticolare interno fu osservato in molte cellule, sia del sistema nervoso centrale che di quello periferico. Ha forma varia a seconda dei diversi tipi di cellule; nelle unipolari e nelle cellule a T (fig. 23) si presenta sferico o sferoidale; nelle cellule con uno o più dendriti dalla rete perinucleare si distaccano dei tratti i quali, sempre conservando la forma a rete, si

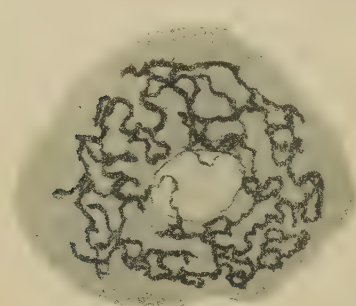


Fig. 23 — Apparecchio reticolare interno (cellula di ganglio spinale di coniglio, secondo l'Athias).

prolungano nei dendriti stessi. Nel bambino la rete ha maglie più larghe che non nell'adulto; in questo presenta ingrossamenti nei punti nodali ed in essa si notano anche dei brevi diverticoli che, rimanendo sempre nell'area della rete, terminano rigonfiati. Nelle zone ove si ha pigmento la rete del Golgi manca.

La costituzione dell'apparecchio reticolare interno (che oltre alle cellule nervose, è comune a molte al-

tre cellule dell'organismo) non fu ancora stabilita; le indagini più recenti (Besta, 1910) fanno pensare che si tratti di una rete formata da un filamento solido, come riteneva il Golgi, e non di una rete di canalini endocellulari riempiti da un liquido speciale, come vuole il Cajal.

Il significato dell'apparecchio reticolare interno è completamente sconosciuto; chi lo ritiene un apparecchio di sostegno del citoplasma e chi un organo transitorio legato alla funzione specifica od a quella nutritiva del citoplasma; chi lo crede un artificio di preparazione e chi un apparecchio normale (e così lo si deve ritenere, sebbene non sia stato ancora visto nella cellula vivente, perchè lo si può porre in evidenza con metodi molto diversi). Gli indagatori moderni inclinano a ritenerlo per un apparecchio trofico; questa opinione concorda col fatto che l'apparecchio reticolare interno è indipendente dalle neurofibrille e subisce profonde modificazioni quando è diminuito o cessato l'afflusso dei materiali nutritivi alla cellula (mentre in tal caso non sono molto alterate le neurofibrille). La natura chimica dell'apparato in questione concorderebbe anch'essa con questa opinione; infatti sembra costituito da albumosi e da peptone, sostanze prodottesi

per modificazioni chimiche delle proteine del plasma, le quali modificazioni sono dovute al metabolismo del citoplasma cellulare.

L'apparato reticolare interno subisce notevoli modificazioni patologiche; può frammentarsi, può scomparire del tutto, può emettere dei prolungamenti che penetrano nel citoplasma circostante o che si pongono in rapporto col nucleo; sul decorso dei suoi filamenti si possono costituire vescicole piene di un liquido chiaro. Le lesioni dei neuriti producono profonde alterazioni in questo apparecchio; le lesioni leggieri si accompagnano a frammentazione della rete del Golgi, la quale frammentazione però dopo un periodo più o meno lungo può scomparire, ripristinandosi le disposizioni normali; nelle lesioni profonde del neurite i frammenti dell'apparecchio reticolare si trasformano in granuli (Mancora nel nucleo del nervo ipoglosso del coniglio).

L'apparato reticolare secondo le vedute di molti autori può modificarsi in modo da originare i canalicoli intracellulari che descriveremo tra poco; una metamorfosi regressiva dei filamenti dell'apparecchio reticolare li trasformerebbe in una sostanza liquida o solubile nell'acqua (peptone, albumosi?) e così in luogo di filamenti solidi si formerebbero dei canali pieni di liquido. Le vescicole che abbiamo veduto lungo i filamenti dell'apparato reticolare sarebbero il primo stadio verso la sua totale fluidificazione. Riguardo alle cause di tale metamorfosi le opinioni sono opposte; chi la ritiene prodotta durante la vita della cellula, chi la ritiene effetto della morte cellulare, chi infine la crede dovuta all'azione dei reagenti che si usano per porre in evidenza i canalicoli intracellulari. Tutte queste opinioni urtano però contro il fatto che l'apparato del Golgi non si spinge mai fino alla superficie della cellula, mentre i canalini intracellulari per lo più si aprono su tale superficie.

6) *Sostanze grasse* — Nel citoplasma delle cellule nervose si possono trovare varie specie di grassi, cioè tanto *grassi propriamente detti* (combinazioni della glicerina cogli acidi grassi e rispettivi eteri), come *lipoidi* (composti aventi molti caratteri dei grassi propriamente detti, di cui alcuni sono alcoli come la colesterina ed i lipocromi, altri sono composti molto complessi contenenti sodio e fosforo).

I *grassi propriamente detti* si presentano come granulazioni, di solito diffuse nel citoplasma cellulare, che si distinguono dalle altre granulazioni citoplasmatiche per il loro alto potere refran-

gente e per speciali proprietà coloranti (affinità per il sudan III, per l'acido osmico, ecc.). Variano molto per numero e dimensioni da cellula a cellula e spesso mancano completamente; di solito sono più grossi e meno numerosi delle altre granulazioni citoplasmatiche. Talvolta il numero dei granuli adiposi è così grande da trasformare la cellula nervosa in una speciale cellula adiposa, nella quale il grasso non costituisce una sola o poche grosse gocce, come avviene nelle cellule adipose mesenchimali, ma è distribuito come una minutissima emulsione entro al citoplasma; queste cellule si chiamano *cellule granulo-adipose* (Fettkörnchenzellen dei Tedeschi). Con tale nome però vengono designate anche altre cellule adipose che si possono trovare nel tessuto nervoso e che sono di origine connettiva (derivando da leucociti polinucleari, da cellule endoteliali dei vasi sanguiferi, ecc.). Le cellule granulo-adipose abbondano in speciali alterazioni patologiche del tessuto nervoso; però nei bambini si possono anche trovare in condizioni normali (Obersteiner).

Riguardo al significato dei grassi propriamente detti nelle cellule nervose si hanno cognizioni molto incerte; è dubbio se si tratti di sostanze grasse pervenute dall'esterno entro al citoplasma o se invece siano sostanze prodotte dal metabolismo cellulare, specialmente per l'azione dei neurosomi sui componenti del citoplasma (sintesi granulare dei grassi dell'Arnold).

I *lipoidi* sono frequenti nelle cellule nervose e probabilmente ne formano un costituente normale (Luna); si trovano abbondanti nelle cellule dei gangli spinali dei vecchi, più scarse in quelle dei bambini; sono pure abbondanti nelle cellule della corteccia cerebrale e della midolla spinale del vecchio (Luna). I lipoidi si presentano di solito in forma di granulazioni sospese nel citoplasma; alcune sono incolore, altre mostrano una speciale colorazione giallo-verdastra; queste costituiscono quindi un vero pigmento cellulare, cioè il *pigmento lipocromico*, e per ciò le descriveremo tra i pigmenti della cellula nervosa. Talvolta, specialmente nei vertebrati inferiori, i lipoidi formano delle vescicole o più raramente dei bastoncini o dei filamenti (Luna). Si possono distinguere in *lipoidi stabili* ed in *lipoidi labili* a seconda della proprietà di ritenere più o meno le speciali sostanze coloranti che servono a porli in evidenza. Le *granulazioni fucsino-file*, descritte nel citoplasma delle cellule dei gangli spinali (G. Levi) e che hanno la caratteristica di colorarsi coi colori

acidi, specialmente con la fucsina, sono anch'esse granuli lipoidi (Luna). È probabile che si devano riportare alla categoria dei lipoidi anche le *granulazioni oxineutrofile*, che furono osservate nelle cellule dei gangli spinali (Marinesco); appaiono come accumuli di granuli assai minuti, raccolti in uno od in due ammassi nel corpo cellulare, senza mai penetrare nei suoi prolungamenti; questi granuli hanno affinità per i colori neutri ed acidi; si trovano tanto nello jaloplasma che sulle maglie dello spongio-plasma e compaiono già nella infanzia; furono paragonati alle granulazioni oxineutrofile dei leucociti e si crede che siano legati alla presenza dei lipoidi, se proprio non sono essi stessi dei veri lipoidi.

7) *Pigmento* — Si presenta sotto forma di granulazioni brune, castagne o nere, più o meno diffuse nel citoplasma di alcune cellule nervose; vi sono cellule che ne contengono in così grande quantità che gli accumuli, da esse formati, si notano a prima vista per l'intensa colorazione (zona cerulea, sostanza nera, ecc.); in altre cellule invece non vi è traccia di pigmento.

Il pigmento delle cellule nervose appartiene al gruppo dei pigmenti lipocromici (che sono lipoidi, come abbiamo esposto sopra, e quindi sono sostanze non azotate) oppure al gruppo dei pigmenti melaninici (cioè appartiene ai pigmenti azotati).

Il *pigmento lipocromico o lipocromo* è formato da granuli minutissimi, di colore giallo-verdastro, ordinariamente riuniti in un accumulo arrotondato, che occupa una limitata area di citoplasma, posta in prossimità di un polo del corpo cellulare (fig. 24); nelle cellule bipolari si hanno spesso due accumuli corrispondenti ai due poli del corpo cellulare. Talvolta l'accumulo si trova alla base di un grosso dendrite, talvolta vicino al cono di origine del neurite, ma però non lo si osserva mai entro ad un prolungamento; può essere incavato a coppa e nella concavità contenere il nucleo. Nell'area occupata dall'accumulo non si trova sostanza cromatica; invece le neurofibrille permangono e passano tra i granuli di pigmento. In alcune cellule il lipocromo non costituisce accumuli, ma è sparso irregolarmente nel citoplasma.

Il pigmento lipocromico compare nell'infanzia e diventa più abbondante col crescere dell'età, invadendo un'area citoplasmatica sempre più vasta, fino a che nei vecchi può occupare quasi tutto il corpo cellulare; in alcune cellule (colonne del Clarke, oliva inferiore, ecc.) è molto abbondante (*cellule lipofile* dell'Ober-

steiner), in altre (cellule del Purkinje) è scarso (*cellule lipofube*). Il pigmento lipocromico aumenta pure in alcune malattie del sistema nervoso centrale. I suoi caratteri chimici e coloranti sono quelli dei lipoidi.

Il lipocromo si produce entro al citoplasma cellulare e non proviene dall'esterno; per la massima parte degli autori rappresenta una degenerazione speciale della cellula nervosa, prodotta normalmente dalla età ed è quindi indice di una involuzione cellulare; qualcuno invece lo ritiene come un prodotto che dimostra l'attività funzionale della cellula.

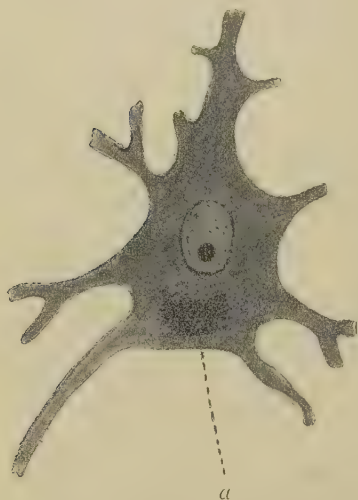


Fig. 24 — Pigmento lipocromico (a) in una grande cellula piramidale del lobulo paracentrale di un uomo di 56 anni.

Il *pigmento melaninico* o *melanina* si presenta anch'esso in forma di granuli, però più grossi e meno regolari di quelli del lipocromo, di colore bruno o nero, ordinariamente non diffusi ma raccolti in accumuli nel citoplasma del corpo cellulare, posti specialmente nella zona perinucleare. Lo si trova con molto minore frequenza del lipocromo e solo in determinati gruppi cellulari; sono tipici a questo riguardo la *zona cerulea* e la *sostanza nera*, ma in piccola quantità si può trovarlo anche nelle cellule del nucleo del vago ed in quelle dei gangli spinali e simpatici. A diffe-

renza del lipocromo, la melanina si trova oltre che nel corpo cellulare, anche nei dendriti, senza però mai giungere molto lontana dal corpo; manca sempre nel cono di origine del neurite ed in quest'ultimo. Nelle cellule di alcuni nuclei, come di quelli sopra ricordati, il pigmento melaninico non fa mai difetto, cosicchè si deve riguardarlo come un loro costituente normale. Esso compare nell'infanzia (nel primo anno nella *zona cerulea*, a quattro anni nella *sostanza nera*) e rapidamente si accresce così da prendere tosto (a 5 anni nei nuclei ora ricordati) le disposizioni che poi conserva per tutta la vita. Non si modifica nè con l'età nè in condizioni patologiche. Ha caratteri chimici ben diversi da quelli del lipocromo, e quindi non si colora coi coloranti elettivi dei grassi e dei lipoidi, ma si colora invece coi colori basici. Il

suo significato funzionale è completamente sconosciuto; il Marinresco, avendo trovato cristalli di ematoidina nelle cellule contenenti melanina, ha emesso l'ipotesi che questo pigmento sia da riguardare come una derivazione dell'emoglobina, scomposta dal citoplasma nervoso in ematoidina ed in melanina.

Nel citoplasma si possono poi anche trovare pigmenti di origine certamente ematica, come ad es. l'*ematoidina* e l'*ematosiderina*: essi hanno un colore giallo-rossastro e si devono riguardare come conseguenze di alterazioni patologiche della cellula nervosa.

8) *Cristalloidi*. — Sono dei corpi aghiformi o fusiformi di aspetto omogeneo che si trovano qualche volta nel citoplasma del corpo cellulare; talora si conservano rigidi e dritti, tal'altra sono leggermente incurvati od anche sinuosi; hanno estremità aguzze oppure leggermente arrotondate. Li circonda un piccolo alone ialino, che è dubbio se appartenga al cristalloide od al citoplasma. Si trovano più comunemente nelle cellule dei gangli spinali (specialmente in quelle degli animali ibernanti: Cesa-Bianchi) ed una cellula di solito ne contiene uno solo; qualche volta se ne contano anche tre in uno stesso corpo cellulare. Non hanno una determinata posizione nè rispetto al nucleo nè rispetto alla superficie cellulare. Il loro significato è oscuro.

9) *Granulazioni citoplasmatiche incostanti* — Con questo nome indico alcune specie di minuti granuli che furono osservati da vari Autori nel citoplasma di determinate cellule nervose.

Appartengono a questa categoria le *granulazioni nucleoidi* (Cesa - Bianchi), situate per lo più nella periferia del corpo cellulare e che hanno le medesime proprietà chimiche della cromatina nucleare; esse originano nel citoplasma e probabilmente sono in rapporto con la formazione del lipocromo, del quale rappresentano uno stadio preformativo.

Le *sferule* (Athias) o *corpi enigmatici* (Legendre, Cesa-Bianchi) sono piccole masse di sostanza acidofila, circondate da un sottile alone chiaro, omogeneo, non colorabile coi colori acidi; furono osservate nei gangli spinali di alcuni mammiferi, ma non in quelli dell'uomo; anche il loro significato è molto oscuro.

È probabile che talune di queste granulazioni citoplasmatiche siano produzioni artificiali, dovute all'azione chimica dei reagenti usati nella fissazione dei tessuti.

10) *Apparecchio reticolare esterno* — Scoperto anch'esso dal Golgi (1898), ha l'aspetto di un reticolo (fig. 25) più o meno delicato secondo le diverse cellule, per lo più munito di maglie arrotondate, il quale aderisce alla superficie del corpo cellulare, facendo quindi parte integrante della cellula. Questo apparato, che fu creduto da prima per un apparecchio di sostegno formato di neurocheratina, talvolta si prolunga anche attorno ai dendriti più

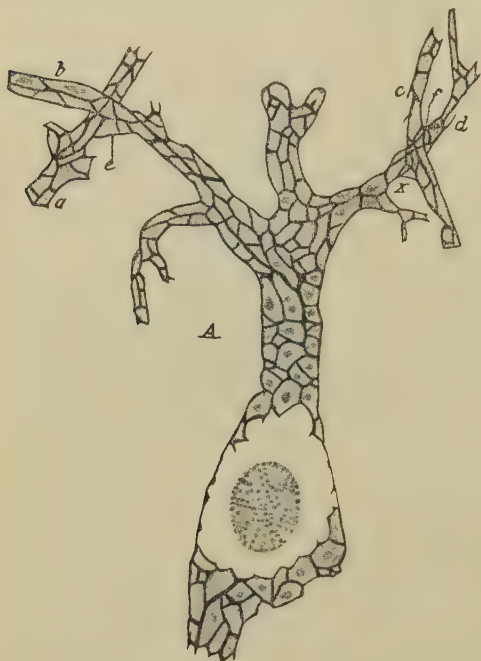


Fig. 25 — Apparecchio reticolare esterno (in una cellula del nucleo dentato del cervelletto del cane, secondo il Bethe). — A, grosso dendrite con apparecchio reticolare che si continua attorno alle sue diramazioni *b* e *d*; *a*, *c*, diramazioni dendritiche di altre cellule che incontrandosi con quelle della cellula A continuano i loro apparecchi reticolari esterni con quelli della cellula predetta.

grossi, senza mai continuarsi sul neurite (fig. 25). Attorno alle cellule del nucleo olivare e del corpo trapezoide dei mammiferi l'apparecchio in questione è duplice, essendo costituito da due reti pericellulari, l'una interna all'altra, e riunite per mezzo di anastomosi. In alcune cellule invece che da una rete l'apparecchio è costituito da una serie di squamette situate l'una accanto all'altra, ed in altre cellule appare come un rivestimento continuo.

Il Bethe ritiene che il reticolo pericellulare sia costituito da una sostanza speciale e che entro ad esso decorrano le terminazioni dei cilindrassili che si espandono attorno ai corpi cellulari. Spetta però al Besta (1910) il merito di

aver accuratamente studiato questo apparecchio pericellulare, dimostrando che esso si trova attorno a tutte le cellule nervose ed è da considerare come una delle parti costitutive della sostanza nervosa, escludendo recisamente che si tratti di un prodotto artificiale. Il *reticolo periferico* nel senso del Besta può presentare delle propaggini che penetrano nel citoplasma della cellula ner-

vosa; alla sua periferia si continua poi con una rete interstiziale diffusa a tutta la sostanza nervosa, la quale rete è probabilmente di natura gliale; su essa torneremo nello studiare i rapporti tra le cellule nervose.

11) *Vacuoli* — Sono piccole cavità, piene di un liquido chiaro ed omogeneo, che si osservano talvolta nelle cellule nervose e per lo più in quelle dei gangli; sembra che la loro presenza sia legata ad alterazioni di nutrizione della cellula e per ciò la maggior parte degli autori è di avviso che si debbano ritenere come produzioni anormali.

12) *Canalini intracellulari* (del Holmgren) — Sono dei condottini (fig. 26), i quali con decorso più o meno raggiato penetrano nel citoplasma del corpo cellulare e vi si ramificano in vario modo, talvolta anastomizzandosi tra loro così da formare un reticolo; non prendono mai alcun rapporto col nucleo.

Scoperti dal Nansen (1887) in *Homarus vulgaris* ed in *Myxine glutinosa*, vennero poi studiati da vari altri autori e specialmente dal Holmgren, che ne è stato il principale illustratore. Si trovano nelle cellule gangliari di molti vertebrati e dell'embrione umano; è dubbio se esistano nell'uomo adulto. Certo che non sono caratteristici delle cellule nervose, perchè si osservano in altre cellule molto diffe-

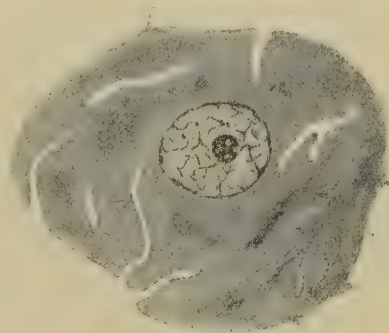


Fig. 26 — Canalini intracellulari (cellula di ganglio spinale di vitello). Ingr. = 925 D.

renziate, come nelle cellule epatiche; non vanno confusi coi canalini intracellulari di molte cellule glandulari e che si trovano anche nelle cellule epatiche (condottini biliari). In alcuni invertebrati i canalini delle cellule nervose contengono dei prolungamenti di cellule di nevroglia, i quali si anastomizzano nel corpo cellulare come i canalini stessi, formando un reticolo che chiamasi *trofospongio* (Holmgren); nell'uomo non è stato osservato niente di simile.

I canalini intracellulari hanno un lume ristretto, schiacciato a guisa di fessura. Contengono un liquido chiaro, ialino o leggermente tinto in giallo, coi caratteri del plasma interstiziale che imbeve tutti i tessuti, col quale si continua alla superficie della cellula; questo liquido si coagula come il plasma del sangue.

Nei vertebrati questi canalini non sono stati veduti altro che in cellule fissate e colorate in modo speciale; per ciò è dubbio se siano spazi normali o artificiali. Coloro che li ritengono per normali li credono nutritivi, cioè destinati a permettere intimi rapporti tra il plasma circolante ed il citoplasma nervoso; per la funzione differirebbero quindi molto dai canalini simili delle cellule glandulari. Coloro che li riguardano come artificiali li ritengono prodotti o da una coartazione del citoplasma per effetto dei reagenti o dal dissolvimento in tali reagenti di sostanze proteiche come peptone, albumosi ecc., che durante la vita sono contenute nel citoplasma, per il qual fatto nel luogo già occupato da esse rimangono degli spazi o dei condottini. Molti autori infine li pongono in rapporto coll'apparecchio reticolare interno del Golgi o addirittura li identificano con esso, ed a questo proposito si hanno le seguenti tre opinioni: o i canalini intracellulari e l'apparecchio reticolare interno sono la stessa formazione, come crede ad es. il Heidenhein che li chiama addirittura *canalini di Golgi - Holmgren*; o i canalini intracellulari provengono da una fluidificazione dell'apparecchio reticolare interno, come abbiamo già indicato a pag. 37; o i canalini intracellulari sono le cavità contenenti l'apparecchio reticolare interno (Kopsch, Cajal), e formano quindi l'impronta di questo apparecchio nel citoplasma. Le indagini moderne concordano nel dimostrare che i canalini sono completamente diversi dall'apparecchio reticolare interno.

Prolungamenti

Dendrite — La struttura del dendrite è uguale a quella del citoplasma del corpo cellulare.

Le neurofibrille vi formano ordinariamente dei fasci (figg. 20-21), i quali si dividono in fasci minori quando i dendriti si ramificano; non si deve credere che la somma delle neurofibrille contenute nelle più sottili diramazioni di un dendrite sia eguale a quella delle neurofibrille del dendrite stesso, che anzi la prima è molto maggiore; ciò dipende dal fatto che le neurofibrille si ramificano esse pure entro ai dendriti. Inoltre le neurofibrille sono riunite l'una all'altra per mezzo di anastomosi, cosicchè può continuare nel dendrite la disposizione reticolare delle fibrille che troviamo nel corpo cellulare.

La sostanza cromatica si continua nei dendriti e le sue

masse tendono a disporsi con il loro asse principale parallelamente all'asse del dendrite (fig. 22); già notammo come nei punti di biforcazione di quest'ultimo la sostanza suddetta costituisca i *coni di biforcazione* (fig. 22). Le piccole diramazioni dendritiche non contengono sostanza cromatica.

Dei pigmenti nervosi i dendriti possono contenere la melanina, ed essa si trova solo nei dendriti più grossi.

Vi si osservano le medesime granulazioni citoplasmatiche che troviamo nel corpo cellulare; mancano sempre cristalloidi e vacuoli. Vi penetra l'apparecchio reticolare interno del Golgi; non sono attraversati da canalicoli intracellulari.

Riguardo all'apparecchio reticolare esterno del Golgi (fig. 25) potremo ripetere quando notammo trattando di queste formazioni nel corpo cellulare.

I dendriti, avendo la medesima struttura del corpo cellulare, sono identici ad esso anche funzionalmente ed il loro ufficio è quello di rendere molto vasta la superficie della cellula nervosa, in modo che si possano stabilire molteplici rapporti tra essa e le altre cellule simili.

Neurite — Il neurite può decorrere per un tragitto più o meno lungo entro alla sostanza grigia, come già sappiamo; può passare nella sostanza bianca od anche uscire dal sistema nervoso centrale, ed in tal caso si circonda di una o di due guaine e va a costituire la parte essenziale di una *fibra nervosa*; i neuriti sprovvisti di guaine vengono anche denominati *fibre nervose nude*. Nel sistema nervoso centrale dell'adulto i neuriti sprovvisti di guaine s'incontrano specialmente nella sostanza grigia, ove s'intrecciano in varia guisa costituendo un intricato arruffio; nell'embrione e nel feto, quando non sono ancora comparse le guaine delle fibre nervose, si trovano in tutto il sistema nervoso centrale, occupando anche quelle zone le quali diventeranno sostanza bianca dopo la comparsa della mielina; però in questi periodi di sviluppo, mentre i neuriti della sostanza grigia sono disposti in un intreccio, quelli della sostanza bianca formano dei sistemi regolari (fasci nervosi).

Il neurite ha struttura ben diversa dal dendrite; infatti esso è costituito da un fascio compatto di neurofibrille, immerse e circondate da scarso citoplasma indifferenziato (fig. 21); non contiene mai sostanza cromatica (fig. 22), nè alcuna altra delle for-

mazioni che abbiamo descritto come proprie a qualche specie di cellule nervose, all'infuori dei neurosomi. Il citoplasma indifferenziato del neurite si chiama *axoplasma*; esso costituisce uno straterello continuo alla superficie del neurite. Per il Bethe non si continua col citoplasma indifferenziato del corpo cellulare, che si arresta al cono di emergenza del neurite, ma è una sostanza completamente diversa. Le neurofibrille, che come abbiamo già veduto (pag. 26) sono numerose e decorrono longitudinalmente, è probabile che presentino sottili anastomosi trasversali; intorno ad esse si hanno però ancora delle controversie. Le neurofibrille sono sempre così sottili da essere impossibile il determinarne il calibro; sembra che la grandezza del neurite sia direttamente proporzionale al numero delle neurofibrille.

Quando i prolungamenti della cellula nervosa vengano trattati con una soluzione di nitrato d'argento e poi esposti per un certo tempo alla luce, il sale si riduce non in modo uniforme lungo tutto il prolungamento, ma secondo delle strie trasversali all'asse del prolungamento (*strie del Frommann*); la striatura può estendersi fino al corpo cellulare. Questo speciale comportamento del nitrato argentario ha dato luogo a molte discussioni, perchè si è creduto che stesse a dimostrare una speciale struttura dei prolungamenti nervosi. Ora però è dimostrato (Rabl, A. Fischel) che il sale d'argento si comporta nella stessa maniera in altri tessuti fibrillari ed anche in filamenti di gelatina, e che ciò avviene quindi per un fenomeno fisico-chimico.

Nell'arborizzazione neuritica le neurofibrille si dividono dicotomicamente oppure passano da un ramo all'altro senza dividersi; gli ultimi rami sono costituiti da una o da poche neurofibrille; nei bottoni terminali, nelle varicosità, nei calici terminali le neurofibrille formano un ricco intreccio, essendo aggrovigliate su loro stesse in modo molto complicato.

B. - Fibra nervosa

S'intende per fibra nervosa un neurite circondato da speciali guaine. ⁽¹⁾ A seconda del sistema nel quale hanno il maggiore

(1) Con questa definizione noi non comprendiamo tra le *fibre nervose* i neuriti sforniti di guaine, a differenza degli altri Autori che li chiamano *fibre nervose nude*; non vi è infatti ragione di dare un nome nuovo a formazioni che sono già chiaramente designate col nome di *neuriti*.

percorso si possono dividere in *fibre del sistema nervoso centrale* (e di queste sole noi ci occuperemo) ed in *fibre del sistema nervoso periferico*; a seconda invece della funzione si possono distinguere in *fibre motrici, sensitive, trofiche, secrete*, ecc.

Il neurite di una fibra nervosa chiamasi *cilindrasse*. Da ciò ne risulta che solo i neuriti delle cellule del I tipo (cfr. pag. 10) diventano cilindrassi; infatti quelli delle cellule del II tipo non escono dalla sostanza grigia del sistema nervoso centrale.

Le fibre nervose del sistema nervoso centrale possono originare da cellule contenute in tale sistema (fig. 27) oppure da cellule situate nel sistema nervoso periferico; le prime (*b*) si chiamano *fibre endogene*, le seconde (*A*) *fibre esogene*. Le fibre endogene possono terminare nel sistema nervoso centrale od al di fuori di esso (fig. 27, *B*, *C*), cioè dopo aver contribuito a formare il sistema nervoso periferico.

Il rivestimento dei cilindrassi nel sistema nervoso centrale è costituito da una speciale sostanza adiposa, che si chiama *mielina*; per conseguenza tale rivestimento ha il nome di *guaina mielinica* (fig. 27, *e*; fig. 28, *b*). Nelle fibre del sistema nervoso periferico si può trovare un secondo rivestimento o *nevrilemma* (fig. 27, *f*); in esse può mancare la guaina mielinica. Quindi le fibre del sistema nervoso centrale sono *fibre mieliniche senza nevrilemma*. La mielina è bianca alla luce riflessa e per conseguenza le parti di sistema nervoso centrale contenenti molte fibre nervose hanno colore bianco (*sostanza bianca*).

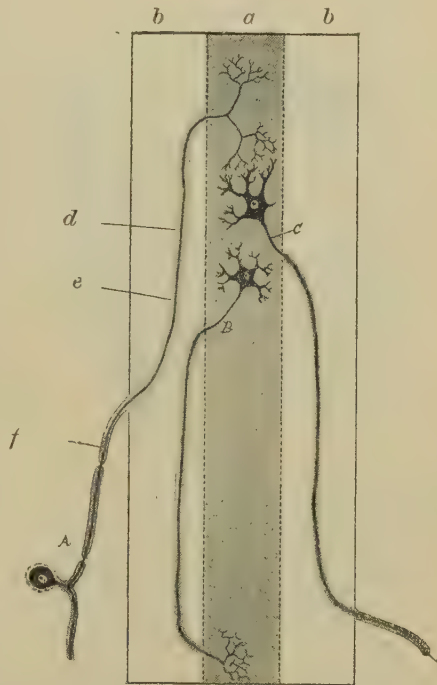


Fig 27 — Principali tipi di fibre nervose (Schema). — *A*, fibra nervosa esogena; *B*, fibra nervosa endogena terminante nel sistema nervoso centrale; *C*, fibra nervosa endogena terminante nel sistema nervoso periferico; *a*, sostanza grigia; *b*, *b*, sostanza bianca; *d*, cilindrasse; *e*, guaina mielinica; *f*, nevrilemma.

Quando le fibre nervose del sistema nervoso periferico penetrano nella sostanza bianca del sistema nervoso centrale perdono i loro nevrilemmi e si riducono a fibre mieliniche (fig. 27, *b*, *f*); e quando queste passano nella sostanza grigia perdono la guaina mielinica e diventano semplici neuriti (fig. 27). Talvolta, per qualche tratto, le fibre mieliniche conservano il loro rivestimento anche nella sostanza grigia, ma è fatto poco frequente.



Fig. 28 — Guaina mielinica (*b*) attorno ad un cilindrasse (*a*) che si continua con una cellula nervosa (cellula radicolare delle colonne anteriori del cane) — *a'*, *b'*, cilindrasse e guaina mielinica in fibre sezionate trasversalmente.

Macroscopicamente le fibre nervose centrali appaiono come filamenti cilindrici o poco schiacciati, con contorno molto regolare; nel cadavere spesso presentano rigonfiamenti, restringimenti e contorno irregolare, ma trattasi allora di alterazioni cadaveriche. Il loro calibro è molto vario; da fibre che hanno un diametro di 5 μ , si passa a fibre che presentano un diametro di 18 μ .

Premesse queste generalità, esaminiamo allora la struttura del cilindrasse e quella della guaina mielinica.

a) Cilindrasse — Abbiamo stabilito che si chiama cilindrasse quel tratto di neurite che, essendo rivestito da una guaina

speciale, fa parte di una fibra nervosa (fig. 28). Esso ha quindi i medesimi caratteri fisici e strutturali del neurite; ma però mostra alcune particolarità che non si osservano nel neurite.

Il cilindrasse appare come un filamento grigio, cilindrico o leggermente schiacciato in modo da avere sezione ellittica, con un diametro trasverso che oscilla tra 3 μ e 4, 5 μ ; questo diametro è direttamente proporzionale a quello delle fibre nervose. Quando la fibra fresca venga stirata, si nota che il cilindrasse ha una certa elasticità ed una debole resistenza alla tensione; però tale resistenza è sempre maggiore di quella della guaina mielinica.

* Come il neurite, il cilindrasse viene costituito da un fascio di neurofibrille immerse in una piccola quantità di axoplasma

(fig. 29, c); le neurofibrille seguitano ad essere riunite per mezzo di corte anastomosi; l'axoplasma costituisce alla superficie del cilindrasse uno strato continuo più grosso di quello che abbiamo veduto nel neurite, e tale strato si chiama *axolemma* o *guaina del Mauthner* (fig. 29, b). Nell'axoplasma furono posti in evidenza dei neurosomi, uguali a quelli del citoplasma del corpo cellulare.

Il cilindrasse termina nella sostanza grigia dei centri nervosi dopo aver perduta la guaina mielinica con un'arborizzazione, comportandosi come il neurite (cfr. a pag. 10); in modo simile si comportano le collaterali della fibra. Per conseguenza nella sostanza grigia tra i corpi delle cellule nervose si trova un fittissimo e complicatissimo intreccio costituito almeno in parte dalle suddette arborizzazioni; in parte viene anche formato dai prolungamenti delle cellule di sostegno del sistema nervoso centrale.

b) *Guaina mielinica* —

Essa circonda in modo continuo, ininterrotto, il cilindrasse della fibra nervosa ⁽¹⁾ (fig. 28) e poichè viene formata da una sostanza grassa, costituisce un rivestimento che refrange con intensità i raggi luminosi; le fibre nervose sembrano quindi con un doppio contorno.

Nella guaina mielinica si devono distinguere due componenti, cioè la *mielina* ed un apparecchio di sostegno formato da *neurocheratina*.

La mielina è un grasso di consistenza oleosa, trasparente nella fibra viva, granuloso e translucido dopo la morte, forse per imbibizione di acqua; nelle fibre rotte esce a gocce dai luoghi di frattura. Mentre nel fresco ed in condizioni normali è disposta in uno strato di uguale spessore attorno al cilindrasse, per degenerazione cadaverica può formare dei tratti rigonfiati che si alternano con tratti più sottili (aspetto perlato); aspetto simile si osserva in determinate alterazioni patologiche. In base

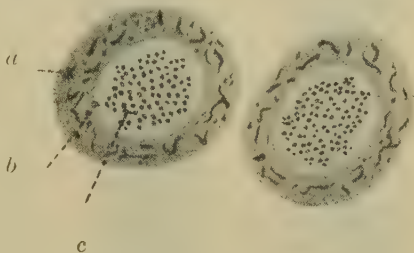


Fig. 29 — Fibre nervose della sostanza bianca della midolla spinale di un selacio (*Acanthias vulgaris*), vedute in sezione trasversa. — a, guaina mielinica con rete neurocheratinica; b, axolemma; c, neurofibrille.

(1) Invece nelle fibre complete del sistema nervoso periferico la mielina mostra varie interruzioni (strozzamenti del Ranvier, incisure dello Schmidt e del Lantermann).

alle reazioni microchimiche ed alle proprietà coloranti, si ritiene che la mielina sia formata da lipoidi, tra i quali il protagone e la cefalina, da colesterina, da grassi neutri e da sostanze albuminoidee; non è noto se queste sostanze siano combinate tra loro o semplicemente mescolate.

La neurocheratina, scoperta nella fibre nervose dall' Ewald e dal Kühne, è una sostanza albuminoidea, di natura non ancora bene conosciuta, la quale ha

la proprietà di resistere alla digestione pepsinica e tripsinica, e per ciò venne paragonata alle sostanze cornee. È dubbio se esista nella fibra vivente o se venga prodotta dalle modificazioni chimiche che inducono nella mielina le sostanze fissatrici della tecnica istologica. Ad ogni modo, sia un prodotto naturale od un prodotto artificiale, è certo che costituisce un reticolo, a maglie più o meno fitte (fig. 30), sparso in tutta la guaina mielinica (fig. 29), il quale, forse per un fenomeno ottico, sembra più addensato alla periferia del cilindrasse ed alla superficie della fibra nervosa (Golgi, Tizzoni, Besta, Rebizzi, ecc.).

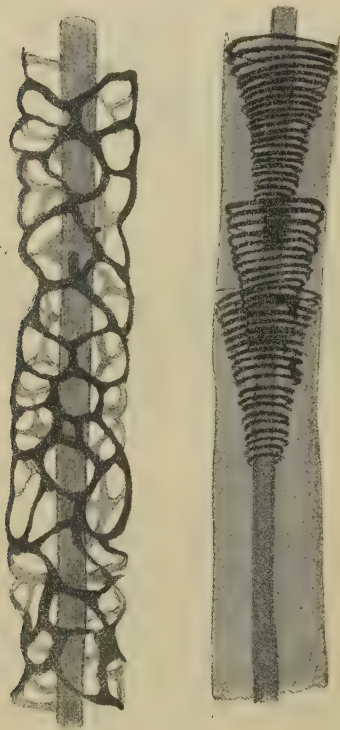


Fig. 30 — Rete neurocheratinica di una fibra nervosa (midolla spinale di neonato).

Fig. 31 — Imbuti del Golgi e del Rezzonico (midolla spinale di neonato).

sono incavate in guisa da costituire degli imbuto, che hanno il nome di *imbuto del Golgi e del Rezzonico*. Questi imbuto sono molto numerosi e penetrano parzialmente l'uno nell'altro. È probabile che siano costituiti da sostanza identica alla neurocheratina e si devano considerare come formazioni normali della fibra nervosa.

Nella mielina che riempie gli alveoli del reticolo neurochera-

tinico, il Besta (1912) ha scoperto dei corpicciuoli, irregolari per forma e situazione, i quali si devono considerare come elementi costitutivi della guaina mielinica. Non hanno caratteri chimici uguali a quelli del reticolo suddetto; infatti si sciolgono nel cloroformio, nella benzina e nello xilolo, mentre queste sostanze non alterano il reticolo. Anche per essi può farsi la questione se si tratta di granuli normali e se non siano invece prodotti artificiali determinati dalla azione dei reagenti usati per dimostrarli; è probabile però che siano da riguardare per granuli preformati (Besta).

In quale rapporto stanno l'axolemma e la guaina mielinica? Vi è semplice contiguità tra essi o vi è continuità? Le opinioni sono discordi; il Kaplan e lo Strähuber ammettono una vera continuità, prodotta da uno strato di sostanza la quale costituirebbe un passaggio graduale dall'axolemma alla guaina mielinica; a tale strato essi danno il nome di *mieloaxostroma*.

C - Connessioni tra le cellule nervose

Fino ad ora abbiamo descritto la minuta struttura degli elementi nervosi; vediamo adesso come essi si dispongono per formare il tessuto nervoso. Questo problema, che da oltre cinquanta anni affatica le menti degli Studiosi, non è ancora risolto, nè potrà dirsi risolto, fino a che non saremo riusciti a *vedere* i rapporti tra le cellule nervose. Ma questa osservazione nei vertebrati presenta delle difficoltà che fino ad oggi sono state insormontabili, perchè il tessuto nervoso oltre che dai corpi cellulari, viene costituito da un intreccio fibrillare a guisa di fittissimo feltro che forma il substrato nel quale i corpi predetti sono immersi; ed in questo intreccio è impossibile il seguire per intiero anche un solo prolungamento cellulare. Molto cammino però hanno permesso di fare le ricerche sul tessuto nervoso di alcuni invertebrati, specialmente di alcuni vermi; le indagini anatomo-comparative, che da parecchi si fanno su questo argomento, porteranno certamente ad una soluzione, che, se non sarà proprio la definitiva, si potrà ritenere almeno come molto vicina a questa. E nella attesa di questa soluzione, noi ci limiteremo ad esporre le ipotesi che sono state avanzate intorno alle connessioni delle cellule nervose ed a discutere gli argomenti sui quali esse sono basate, facendo rilevare quale sia l'ipotesi che si può ritenere meglio fondata.

Due fatti intanto ci sembrano accertati, quello cioè della indipendenza tra tessuto nervoso e tessuto gliale e quello delle relazioni tra cellule e fibre nervose. Il primo fatto ci permette di escludere recisamente che il tessuto gliale possa prendere parte ai rapporti tra le cellule nervose come elemento intermedio; l'istologia comparata, l'embriologia, la anatomia patologica sono tutte concordi su questo punto. L'altro fatto è pure ormai ben certo; le fibre nervose non sono elementi distinti dalle cellule nervose, come per lungo tempo si è creduto, ma ne sono parte integrante, sono cioè prolungamenti delle cellule nervose; perciò il tessuto nervoso è costituito da un solo elemento cellulare, dalla cellula nervosa.

Stabiliti questi due punti, veniamo allora a vedere come si possano porre in rapporto tra loro le cellule nervose. Due domande ci si parano tosto dinanzi: quali sono le parti delle cellule nervose che si pongono in rapporto? e di che specie sono i rapporti che intervengono tra le parti suddette? Vediamo come si può rispondere all'una ed all'altra domanda.

I. Natura delle parti cellulari che entrano in connessione — Siccome i corpi delle cellule nervose sono sparsi nel

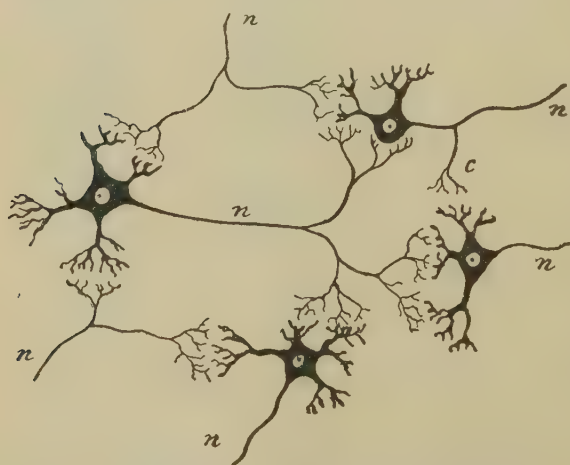


Fig. 32 — Rapporti tra le cellule nervose (Schema). — *n, n*, neuriti; *c*, collaterale.

sistema nervoso centrale e quindi ordinariamente vi è una certa distanza tra corpo cellulare e corpo cellulare, ne risulta che le connessioni si stabiliscono per mezzo dei prolungamenti cellulari; ecco quindi spiegata la necessità di tali prolungamenti.

Le connessioni possono allora avvenire in tre maniere, cioè o i prolungamenti

di una cellula si pongono in connessione coi prolungamenti di un'altra cellula, o i prolungamenti di una cellula si pongono in diretta connessione col corpo di una altra cellula, o infine i

prolungamenti di una cellula si espandono contemporaneamente sul corpo e sui prolungamenti di un'altra o di parecchie altre cellule. Si ritenne dai primi osservatori che le connessioni avvenissero solo nel primo modo; ma poi vennero osservate anche connessioni della seconda e più tardi ne furono constatate pur della terza specie, tanto che oggi *si può ritenere come assodato stabilirsi le connessioni tra le cellule nervose sempre con l'interposizione di prolungamenti cellulari* (fig. 32).

Stabilito questo fatto, bisogna allora determinare quali siano i prolungamenti cellulari che entrano in connessione; sono prolungamenti omonimi (dendriti con dendriti, neuriti con neuriti) o sono prolungamenti eteronomi (dendriti con neuriti) o sono nello stesso tempo prolungamenti omonimi ed eteronomi? I primi che affrontarono la questione ritennero che si trattasse di prolungamenti omonimi; e così il Gerlach (1871-72) ammise che le diramazioni dei dendriti nella midolla si anastomizzassero in una finissima rete (*rete protoplasmatica diffusa*) dalla quale originavano i cilindrassi delle radici posteriori dei nervi, mentre quelli delle radici anteriori derivavano direttamente dai corpi cellulari (fig. 33); ed il Golgi (1886) all'opposto sostenne che le terminazioni dei dendriti (fig. 34) si fanno verso i vasi sanguiferi (*v*) ed hanno importanza nutritiva, mentre le terminazioni dei neuriti delle cellule del 2° tipo (*b*) e quelle delle collaterali (*c*) dei neuriti delle cellule del 1° tipo



Fig. 33 — Rete protoplasmatica diffusa del Gerlach (Schema). — *n, n*, neuriti delle radici anteriori; *c, c*, cilindrassi delle radici posteriori; *r*, rete protoplasmatica.

(*a*) anastomizzandosi insieme formano nella sostanza grigia un fitto reticolo (*rete nervosa diffusa*) da cui traggono origine cilindrassi di fibre nervose (*e*). Poi si pensò che oltre alle connessioni tra prolungamenti omonimi, se ne potessero stabilire anche tra prolungamenti eteronomi, e fu di questa idea specialmente il Dogiel (1891-1895), che avrebbe osservato nella retina queste connessioni negate poi da altri. Ma le indagini della maggior parte dei ricercatori, confermate dal fatto accertato che quando si ha una

espansione sul corpo di una cellula nervosa, è sempre di natura neuritica, concordano nel ritenere (fig. 32) che *che si stabiliscono connessioni solo tra prolungamenti eteronomi oppure tra neurite e corpo cellulare* (il quale ultimo ha la struttura del dendrite e quindi si può considerare come omologo a quest'ultimo). A tale risultato conducono anche le indagini intorno alla minuta struttura del sistema nervoso centrale e periferico di parecchi invertebrati.

Ma sorge allora una terza questione: i prolungamenti eteronomi che formano le connessioni vanno da una cellula ad un'altra cellula

oppure da una cellula a parecchie altre cellule?

Mentre per lo addietro si riteneva che ad una determinata cellula pervenissero solo i prolungamenti di un'altra cellula, ora invece sembra assodato che i *prolungamenti neuritici di parecchie cellule vanno a terminare ad una sola cellula* (fig. 32); e che il *prolungamento neuritico di una determinata cellula del sistema nervoso centrale va contemporaneamente ad espandersi su parecchie altre cellule* (fig. 32). Per tale concetto vengono moltiplicati i rapporti tra le cellule nervose; queste diventano centri funzionali molto complessi, ai quali arrivano stimoli di varia natura secondo i neuriti che li recano.

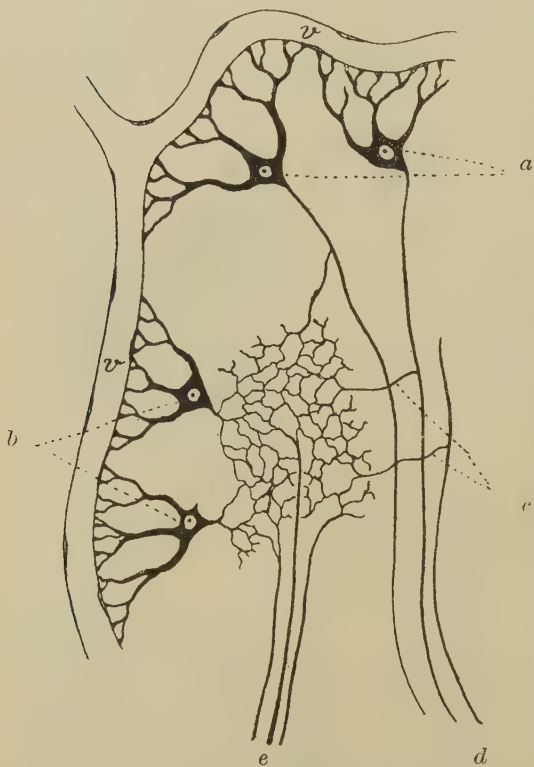


Fig. 34 — Rete nervosa diffusa del Golgi (Schema). — *a*, cellule del I tipo; *b*, cellule del II tipo; *c*, collaterali di neuriti (*d*) delle cellule del I tipo; *e*, cilindrassi provenienti dalla rete nervosa; *v*, vasi sanguiferi.

II. Modalità delle connessioni — Mentre abbiamo potuto rispondere con una certa sicurezza alla prima questione che ci eravamo proposti non possiamo fare altrettanto alla seconda; non

è infatti ancora dimostrato in quali relazioni si trovino i prolungamenti delle cellule nervose. Alcuni ritengono che le terminazioni del neurite di una cellula nervosa si continuino con i dendriti o col corpo di un'altra cellula, altri ammettono invece che le prime, pur prendendo rapporti di vicinanza o anche di contatto coi secondi, rimangano però indipendenti da questi. Queste due teorie, la *teoria della continuità tra le cellule nervose* e la *teoria della contiguità delle cellule nervose* si contendono ancora il campo. Esaminiamole un po' da vicino.

a) *Teoria della continuità tra le cellule nervose* — Già i primi indagatori della minuta anatomia del sistema nervoso centrale pensarono che le cellule nervose fossero in continuazione l'una con l'altra; poco sopra abbiamo infatti ricordato come il Gerlach sostenesse che i dendriti delle cellule nervose si anastomizzano tra loro per costituire la rete protoplasmatica diffusa (fig. 33) e come il Golgi ammetta invece che sono le arborizzazioni neuritiche quelle che pongono in relazione le cellule nervose, formando una rete nervosa diffusa (fig. 34). Queste due teorie, che contraddicono a quanto abbiamo affermato nel paragrafo precedente, cioè che le connessioni si stabiliscono solo tra prolungamenti eteronomi, hanno oggi un valore puramente storico, perchè una grande mole di osservazioni anatomiche ed embriologiche ne hanno dimostrata la infondatezza.

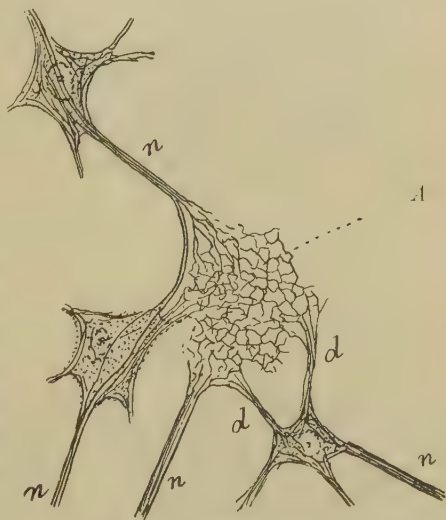


Fig. 35 — Connessioni delle cellule nervose secondo l'Apáthy (Schema). — A, neuropilo; n, n, neuriti; d, d, dendriti.

La prima teoria moderna della continuità tra le cellule nervose fu ideata dall'unghe-rese Stephan Apáthy (1887) il quale sostenne che non il dendrite ed il neurite (od il cilindrasse) di una cellula nervosa sono i conduttori elementari della energia nervosa, ma bensì le neurofibrille (ipotesi della conduzione neurofibrillare) (fig. 35). Mentre nei cilindrassi le neurofibrille decorrono bene indivi-

dualizzate le une dalle altre e si possono seguire dal sistema nervoso centrale fino alle terminazioni dei nervi periferici, nel sistema nervoso centrale le neurofibrille si risolvono in fibrille elementari, costituenti un fine intreccio (*neuropilo*) (fig. 35, A) nel quale sono immersi i corpi delle cellule nervose. Al neuropilo giungono neurofibrille sensitive dal sistema nervoso periferico e da esso partono neurofibrille motrici; il neuropilo è quindi un vero apparecchio nervoso, capace di trasformare l'energia sensitiva in energia motrice (atto riflesso), indipendentemente dai corpi delle cellule nervose. Dal neuropilo si dipartono anche numerose fibrille che penetrano entro ai corpi delle cellule nervose, senza interrompersi, e vi costituiscono dei reticoli, ramificandosi ed anastomizzandosi in varia guisa; ora la rete neurofibrillare è situata come un alone nella parte periferica del corpo cellulare ed ora costituisce due aloni concentrici, uno perinucleare e l'altro periferico, riuniti l'uno all'altro per mezzo di anastomosi; dalla rete endocellulare o dall'alone perinucleare a seconda dei casi originano neurofibrille che vanno a costituire il neurite e questo può divenire cilindrassa di una fibra. Una medesima neurofibrilla può attraversare parecchie cellule nervose, contribuendo a costituirne le reti neurofibrillari. Dunque secondo l'Apáthy oltre al neuropilo hanno funzione di centri elementari pure le cellule nervose. Anche le terminazioni delle fibre nervose alla periferia dell'organismo non sono indipendenti, ma, secondo l'Apáthy, vengono riunite in un esilissimo neuropilo. Cosicché la rete nervosa si può paragonare alla rete vasale sanguifera che costituisce un unico sistema di canali comunicanti, esteso a tutto il corpo: « come le arterie e le vene del corpo in realtà non terminano mai ma si continuano coi capillari che le fanno comunicare tra loro, così le diverse vie nervose si continuano ininterrottamente attraverso alle reti elementari centrale e periferica » (Apáthy). Furono indagini condotte in alcuni vermi (irudinei, lombricidi) quelle che condussero l'Apáthy a queste concezioni, ch'egli però non estese al sistema nervoso centrale dei vertebrati.

Il Bethe, in base a lunghe e pazienti ricerche, cercò di dimostrare sperimentalmente l'importanza del neuropilo come centro nervoso ed a tale scopo estirpò le cellule che danno origine al 2° nervo antennale di un crostaceo (*Carcinus maenas*) (1) e

(1) Questa operazione è resa possibile dal fatto che nei crostacei, come in

vide che si potevano ugualmente stabilire dei riflessi tra fibre afferenti e fibre efferenti di quel nervo, sebbene mancassero i corpi cellulari da cui originavano le fibre efferenti. Con questo esperimento il Bethe arrivò a negare l'importanza del corpo cellulare come centro nervoso elementare. Allora egli estese ai vertebrati il concetto fondamentale dell'Apàthy dell'importanza esclusiva delle neurofibrille nella conduzione nervosa e della importanza del neuropilo come substrato della funzione nervosa; avendo potuto osservare fasci di fibrille che vanno ininterrotti dall'uno all'altro corpo cellulare e sostenendo che il neurite ed il cilindrasse sono costituiti da sole neurofibrille e che l'axoplasma non è citoplasma cellulare indifferenziato (cfr. a pag. 48),

ne concluse che le neurofibrille anche nei vertebrati e nell'uomo costituiscono i soli mezzi lungo i quali si effonde l'energia nervosa. I rapporti tra le neurofibrille di una cellula nervosa e quelle di un'altra si stabiliscono perchè le prime, terminando alla superficie del corpo cellulare della seconda cellula, vi costituiscono un fitto reticolo, paragonabile al neuropilo degli invertebrati, ma circoscritto alla superficie cellulare (fig. 36); questo



Fig. 36 — Connessioni tra le cellule nervose secondo il Bethe (Schema). — *n, n*, neurofibrille di fibre nervose; *a*, apparecchio reticolare esterno; *b*, neurite.

reticolo è quello che, seguendo il Golgi, abbiamo descritto come *apparecchio reticolare esterno*; esso per il Bethe è dunque un apparecchio nervoso. Da questo reticolo neurofibrillare pericellulare e specialmente dai suoi punti nodali originano neurofibrille che penetrano entro al citoplasma del corpo cellulare o dei dendriti

molti altri invertebrati, i gangli sono costituiti da una massa centrale grigia di natura reticolare e priva di cellule, alla superficie della quale sono appesi per mezzo dei loro prolungamenti i corpi cellulari.

e quì si anastomizzano costituendo il reticolo neurofibrillare endocellulare, da cui si dipartono le neurofibrille che vanno a formare il neurite.

Tanto nel concetto dell'Apàthy come in quello del Bethe tra le cellule nervose si costituisce dunque un fino intreccio, che pone in continuazione le loro neurofibrille; il Nissl ha rivolto specialmente la sua attenzione a questo intreccio (neuropilo negli invertebrati, apparato reticolare esterno nei vertebrati) ed è giunto anch'egli ad attribuirgli una grandissima importanza funzionale. Il Nissl osserva che già gli antichi istologi ammettevano il tessuto nervoso costituito da cellule nervose e da una sostanza granulosa interposta tra esse, alla quale attribuivano importanza nervosa; la scoperta del metodo del Golgi, che pone in evidenza solo le cellule, fece dimenticare agli anatomici questa antica opinione, alla quale egli fu indotto a tornare dopo le ricerche dell'Apàthy e del Bethe. Il Nissl chiama semplicemente *grigio* (Grau) questa sostanza fondamentale del tessuto nervoso che sarebbe di natura diversa dalle neurofibrille ed in base ai confronti tra la corteccia cerebrale dei vertebrati osserva che essa è tanto più sviluppata quanto più si sale nella serie zoologica, il che depone in favore della sua grande importanza funzionale. Il grigio si continua da un lato con le neurofibrille dei neuriti che terminano nella sostanza grigia, dall'altro con l'apparato reticolare esterno del Golgi, il quale è in continuazione con le reti neurofibrillari endocellulari secondo le vedute del Bethe. Il grigio sarebbe costituito dall'intreccio di filamenti elementari (*neurotagmi*) i quali riunendosi insieme formerebbero le neurofibrille; dal grigio possono quindi originare anche cilindrassili, per la riunione in un fascio di molte neurofibrille.

Dunque tutte le teorie che ammettono una continuità tra le cellule nervose concordano nel ritenere questa continuità stabilirsi per mezzo di un finissimo reticolo che forma come il substrato del tessuto nervoso; è quel reticolo che fu posto così bene in evidenza del nostro Besta (cfr. a pag. 42).

Il Paladino, che da molti anni si occupa della minuta struttura degli elementi nervosi, nega che i reticoli dell'Apàthy e del Bethe siano di natura *nervosa*, e li interpreta come formati dai prolungamenti delle cellule di nevroglia (concetto al quale giunge anche il Besta) e si oppone pure alla dottrina della presenza di una sostanza interposta tra le terminazioni dei prolungamenti

nervosi cioè all'ipotesi del *grigio* del Nissl; il Paladino afferma invece che i prolungamenti delle cellule nervose sono di due specie, cioè *prolungamenti commessurali* e *prolungamenti cilindrassili*; i primi servono a porre in relazione i corpi delle cellule nervose e si anastomizzano o sono continui tra loro, i secondi si prolungano nelle fibre nervose. Nel concetto del Paladino questa divisione dei prolungamenti cellulari è però puramente morfologica, perchè « tutti i prolungamenti cellulari hanno il valore di prolungamenti nervosi e tutti col compito di moltiplicare i rapporti tra le cellule e di assicurare così la conducibilità in tutte le direzioni ». Così le neurofibrille, che nelle teorie dell'Apàthy, del Bethe, e del Nissl hanno importanza tanto grande da formare i veri elementi nervosi, perdono ogni valore nel concetto del Paladino, il quale afferma che sono le cellule nervose i centri di propagazione e di coordinazione delle eccitazioni sensitive e motrici. E la dottrina che i rapporti tra le cellule nervose vengono stabiliti solo per mezzo di prolungamenti eteronomi, non ha per il Nostro alcuna base.

b) *Teoria della contiguità* — In tre diverse maniere i prolungamenti eteronomi delle cellule nervose possono essere contigui tra di loro, cioè o vi è un breve intervallo tra le terminazioni di un prolungamento e quelle di un altro, o le terminazioni si trovano a mutuo contatto, o le terminazioni sono ora vicine ed ora a contatto secondo il momento della funzionalità cellulare. A ciascuna di queste maniere di contiguità corrisponde una teoria; e così abbiamo la *teoria del neurone*, la *teoria del contatto*, la *teoria della contrattilità*.

La *teoria del neurone* è quella che sorse per prima ed ha per base osservazioni fatte con quello stesso metodo che condusse il Golgi alla concezione della rete nervosa diffusa (1). Specialmente

(1) Il metodo del Golgi è la precipitazione finamente granulare entro al citoplasma di un sale d'argento (di natura non ancora definita, forse combinazione dell'argento con acido cromatico e con albumina o altre sostanze del citoplasma nervoso). La precipitazione per ragioni ignote avviene solo in alcune cellule nervose, e per questo fatto il metodo si presta assai bene allo studio della morfologia cellulare; essa comincia nel corpo cellulare e si estende poi nei prolungamenti, senza però arrivare alle loro ultime diramazioni; per conseguenza queste sembrano terminare sempre libere.

Oltre a quello del Golgi molti altri metodi sono seguiti nello studio della struttura del tessuto nervoso, come il Lettore potrà constatare scorrendo qualunque libro di tecnica istologica.

le ricerche di Ramon y Cajal (1888), del Koelliker e di G. Retzius dimostrarono che i neuriti ed i dendriti terminano sempre *liberi* nel tessuto nervoso; ed in base a tali indagini il Waldeyer (1891) enunciò la teoria che ogni corpo cellulare coi suoi prolungamenti costituisce un elemento anatomico indipendente dagli altri elementi simili (fig. 32,37), e chiamò *neurone* la cel-

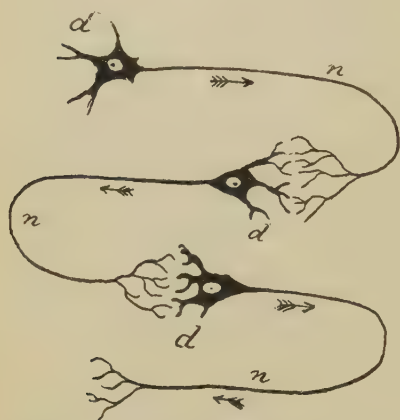


Fig. 37 — Connessioni tra le cellule nervose secondo la teoria del neurone (Schema) — *d, d*, dendriti; *n, n*, neuriti. Le frecce indicano la direzione della energia nervosa.

lula nervosa considerata in questo modo: « Il sistema nervoso è costituito da numerose unità nervose (neuroni) le quali non sono continue nè anatomicamente nè geneticamente » (Waldeyer). Stabilito questo concetto, ne derivava come conseguenza che l'energia nervosa non poteva passare dall'uno all'altro neurone se non *saltando* le interruzioni interposte tra essi (fig. 37), così come l'energia elettrica può trasmettersi da un filo conduttore ad un altro sebbene tra essi sia interposto un piccolo spazio. Il

Waldeyer però non espresse questo corollario della sua teoria, che fu enunciato da vari altri autori.

Le osservazioni sperimentali, come quella che stimolando le radici posteriori dei nervi spinali (le quali sono formate da cilindrassi che si continuano coi neuriti delle cellule dei gangli spinali e che terminano nella sostanza grigia della midolla spinale) lo stimolo si trasmette alle cellule dalle quali originano i neuriti che diventano cilindrassili delle radici anteriori, condussero allo stabilire la *legge della polarizzazione dinamica* (Ramon y Cajal), per la quale si ammette che l'energia nervosa decorre nei prolungamenti cellulari sempre secondo una certa direzione, e cioè nei dendriti va dalle loro terminazioni verso il corpo cellulare (*conduzione cellulipeta*) e nei neuriti dal corpo cellulare verso l'arborizzazione terminale (*conduzione cellulifuga*) (fig. 37,38). Da questa legge ne risulta come corollario che l'energia nervosa può trasmettersi lungo una catena di neuroni, passando sempre dalle terminazioni neuritiche alle dendritiche (fig. 37). L'eccitamento

nervoso, raccolto dai dendriti o anche direttamente dalla superficie del corpo cellulare quando un neurite termina in vicinanza di esso (ad es. nei cestellini terminali: cfr. a pag. 12), viene modificato nel citoplasma cellulare e poi trasmesso più lontano ad altri neuroni od agli organi terminali per mezzo del neurite; il corpo cellulare è quindi il *centro funzionale del neurone*.

Il corpo cellulare è pure il *centro trofico* del neurone; le alterazioni del corpo cellulare si fanno risentire anche sui suoi

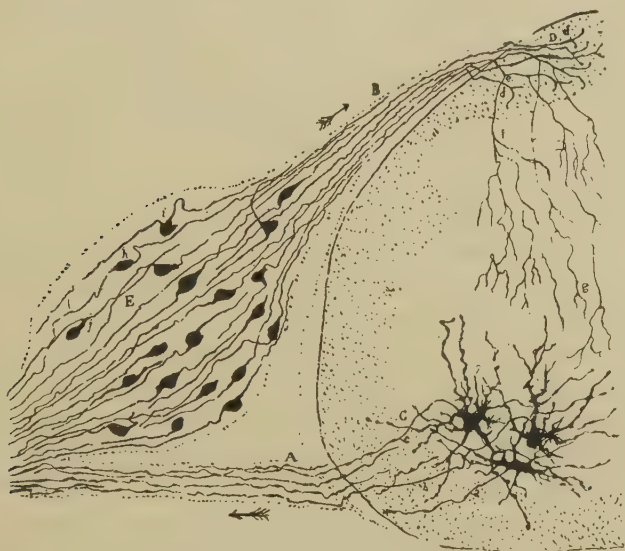


Fig. 38 — Rapporti tra neuroni sensitivi (*E*) e motori (*C*) nella midolla spinale (emisezione trasversale in un embrione di pollo di 9 giorni, sec. il Cajal). — *A*, radice anteriore; *B*, radice posteriore; *e*, neuriti sensitivi che si pongono in rapporto coi dendriti motori.

prolungamenti. Ne consegue che sezionando un prolungamento, questo degenera nel tratto che è distaccato dal corpo cellulare (*degenerazione walleriana*, così chiamata dal nome del Waller che nel 1852 la pose per primo in evidenza). Però l'esperimento dimostra che degenera anche il tratto di prolungamento che è unito al corpo cellulare e che degenera lo stesso corpo cellulare (*degenerazione retrograda*), sebbene in grado molto minore del tratto periferico.

Tre sono i dati fondamentali che costituiscono le basi della teoria del neurone così intesa:

a) la base anatomica, perchè nei preparati istologici non si vedrebbero mai neuriti continuarsi con dendriti;

b) la base embriologica, perchè le cellule nervose originano da cellule embrionali nettamente separate l'una dall'altra (neuroblasti), le quali emettono prolungamenti che si mantengono sempre indipendenti mentre vanno crescendo;

c) la base sperimentale, perchè sezionando un cilindrase il esso muore e degenera nella porzione che è separata dalla cellula nervosa, ma continua a vivere in quella che è unita alla cellula.

La *teoria del contatto* non è altro che una piccolissima modificazione della teoria precedente, poichè sostituisce al concetto della vicinanza tra le terminazioni delle cellule che si trovano in rapporto il concetto di un vero contatto tra queste terminazioni; del resto ammette tutti i postulati della teoria del neurone, come quello della polarità dinamica, quello del valore di centro elementare nervoso del corpo cellulare, ecc. I contatti tra i neuroni si stabilirebbero per mezzo dei *bottoni terminali* che terminano le diramazioni dei neuriti, delle loro collaterali e dei cilindrase nel sistema nervoso (cfr. a pag. 13) e che si adagiano sui dendriti o sui corpi di altre cellule nervose, aderendo intensamente ad essi. Oltre ai bottoni terminali stabilirebbero rapporti tra le cellule nervose anche quelle diramazioni neuritiche che decorrono strisciando sulla superficie dei corpi cellulari o dei dendriti, come accade ad es. per le fibre rampicanti del cervelletto (cfr. a pag. 12); e rendono più intimi questi rapporti le varicosità che si osservano sul decorso di tali fibre.

Ma i sostenitori della teoria della continuità neurofibrillare nel senso dell'Apáthy (ad es. il Held, il Holmgren ed il Bielschowsky) ritengono invece che i bottoni terminali e gli altri contatti sopra accennati vengano a confermare la loro teoria, perchè ammettono che nelle zone di contatto le neurofibrille passino dall'una all'altra cellula nervosa.

La *teoria della contrattilità* venne avanzata dal Duval (1895), il quale specialmente in base alle ricerche del Wiedersheim (1890) che osservò nelle cellule nervose di *Leptodera ialina* (piccolo artropodo trasparente) movimenti ameboidi, ritenne che i prolungamenti delle cellule nervose siano contigui durante il riposo e si pongano a contatto durante la funzione; il Duval ammette quindi una vera proprietà contrattile nei prolungamenti neuritici e dendritici.

Con questa teoria il Duval, riprendendo un'ipotesi già emessa dal Lepine, spiega il fenomeno del sonno; durante la veglia i prolungamenti delle cellule nervose sono in contatto, durante il sonno si retraggono per il loro ameboidismo. Parecchi Autori (Demoor, Stephanowska, Querton, Manouelian, Odier, ecc.) esaminando cellule nervose di animali morti durante il sonno provocato da sostanze chimiche, hanno osservato che i prolungamenti nervosi terminano con dei bottoncini e che presentano delle varicosità, le quali apparenze sarebbero punti di concentrazione della sostanza nervosa durante il retrarsi dei prolungamenti. Queste osservazioni, fatte per lo più con un metodo non citologico come è quello del Golgi, sono di per sè poco probative, e perdono poi ogni valore se si pongono in relazione con le cognizioni ben sicure che oggi possediamo rispetto ai rapporti tra alcune cellule nervose; come farebbero a retrarsi i bottoncini terminali di un cestellino del nucleo del corpo trapezoide, che circondano strettamente da ogni lato un corpo cellulare e che si estendono attorno ai suoi prolungamenti?

**

Ed ora che nel modo più succinto possibile abbiamo preso cognizione delle dottrine intorno ai rapporti delle cellule nervose, è necessario che le discutiamo per vedere quello che in esse sia accettabile e quello che va invece abbandonato.

Come risulta dalle pagine precedenti, tutta la questione dei rapporti tra le cellule nervose per gli Autori moderni è una pura questione strutturale, ed i loro sforzi sono tutti diretti a stabilire se vi sia *contiguità* o *continuità* tra gli elementi nervosi. Ma a me pare che anzi tutto si deve risolvere una questione ben più importante, perchè riguarda molto più profondamente la natura del tessuto nervoso e sulla quale devono quindi basarsi la fisiologia e la patologia; il tessuto nervoso è costituito dalle sole cellule nervose coi loro prolungamenti, oppure oltre alle cellule vi è una sostanza intercellulare anatomicamente indipendente dalle cellule? Gli Autori che ammettono la continuità tra gli elementi nervosi accennano più o meno esplicitamente (tranne il Paladino) ad una tale sostanza (*neuropilo* dell'Apáthy e del Bethe, *grigio* del Nissl); la negano invece in modo reciso i sostenitori della contiguità tra gli elementi nervosi, pei quali il tessuto nervoso è costituito da soli neuroni.

Le ricerche fatte negli invertebrati (vermi, crostacei) sono concordi nel dimostrare l'esistenza di un mezzo intermedio tra le varie cellule nervose; per l'Apáthy e per il Bethe i prolungamenti di tali cellule sono formati da citoplasma contenente un fascio di neurofibrille; alla terminazione del prolungamento il citoplasma si arresta e si rendono libere le neurofibrille, le quali si risolvono in un finissimo reticolo elementare (neuropilo), in cui le neurofibrille di una cellula si anastomizzano con quelle di un'altra; per il Nissl il reticolo è formato da filamenti non perfettamente uguali alle neurofibrille, ma molto simili ad esse. Sulla esistenza del neuropilo negli invertebrati suddetti non si può elevare alcun dubbio, perchè facilmente lo si può osservare: ed è ormai constatato che il metodo del Golgi è capace di porre in evidenza in questi animali i corpi cellulari coi loro prolungamenti, ma non sa dimostrare il neuropilo.

Nei vertebrati se non si è riusciti ad osservare un vero neuropilo, si è veduto però che attorno ai corpi cellulari ed ai prolungamenti dendritici è un fittissimo reticolo, non dimostrabile col metodo del Golgi. Negano un tale reticolo coloro per i quali il solo metodo capace di rivelare la struttura del tessuto nervoso è quello del Golgi, come sono i neuronisti nello stretto senso della parola, ma ciò dipende dalla loro ostinazione a volersi basare solo su un metodo così poco istologico. Colorando invece con le aniline, il reticolo in questione viene posto in evidenza ed al microscopio appare come una massa granulosa, nella quale sono immersi i corpi delle cellule nervose coi loro prolungamenti e con le arborizzazioni neuritiche e dendritiche; queste particolarità sono chiare nei cranioti inferiori (ciclostomi, selaci), nei quali il tessuto nervoso è meno complicato di quello umano. Del resto anche il metodo del Golgi pone in evidenza il neuropilo, solo però nei punti di continuazione tra esso e le cellule nervose; le spine dendritiche, i bottoni terminali, l'apparecchio reticolare esterno sono infatti porzioni di neuropilo nelle quali è avvenuta la precipitazione del sale d'argento. Questo fatto mi fa pensare che il neuropilo sia probabilmente formato da una sostanza se non uguale, almeno simile al citoplasma cellulare; per ciò la parte di esso (apparato reticolare esterno) che aderisce direttamente al corpo cellulare, si continua con questo e si deve considerare come un vero componente della cellula. Tra le maglie del reticolo neuropilare si trova poi il plasma generale dei tessuti, il quale, come a

suo tempo vedremo, da un lato comunica con quello del sangue, dall'altro con gli spazi linfatici del sistema nervoso.

Io ritengo quindi che siamo ormai in grado di estendere al tessuto nervoso dei vertebrati quello che è certo per il tessuto nervoso dei suddetti invertebrati, cioè che il tessuto nervoso è formato da cellule nervose munite di prolungamenti e da un reticolo (*neuropilo*) (1) interposto tra esse, reticolo che è paragonabile ad una sostanza intercellulare altamente differenziata. Nulla possiamo per ora dire di certo riguardo ai rapporti anatomici tra essa ed il tessuto gliale, sebbene le recenti indagini del Besta concludano che il reticolo pericellulare è solo di natura gliale. Con l'ipotesi del neuropilo si rimane sempre ad una concezione prettamente cellulare del tessuto nervoso, perchè la presenza di una sostanza interposta tra le cellule non contrasta con essa.

Alla ipotesi del neuropilo si potrebbe obiettare che essa ci impedisce di spiegare il fatto dei riflessi semplici; eccitando il cilindrasse di una fibra nervosa, sensitiva lo stimolo sensitivo è trasportato ad una cellula motrice dalla quale si diparte uno stimolo motore che fa contrarre una fibra o più fibre muscolari; se tra le terminazioni della fibra sensitiva e la cellula motrice fosse interposta una sostanza diffusa in tutto il tessuto nervoso, lo stimolo sensitivo dovrebbe espandersi in essa ad una grande quantità di cellule nervose. Questa obiezione si può però muovere anche alla ipotesi della mancanza di un mezzo intermedio tra le cellule nervose, perchè ci è noto che una fibra si espande non su una sola, ma su moltissime cellule nervose, che a loro volta sono in connessione con altre cellule. In ogni caso bisognerà quindi ammettere che il citoplasma nervoso abbia un certo potere di regolazione, il quale gli permetta di essere impressionato da certi stimoli ed in determinate condizioni.

L'ipotesi del neuropilo non contraddice alla ipotesi della contiguità nè a quella della continuità tra le cellule nervose; infatti i prolungamenti cellulari possono terminare liberi nel neuropilo, secondo la teoria del neurone, oppure possono risolversi nelle neurofibrille continuantesi nel neuropilo come ammettono Apáthy, Bethe e Nissl. Dobbiamo allora domandarci; quale delle due maniere di rapporti tra elementi nervosi e neuropilo è la più attendibile?

(1) Da τὸ νεῦρον, il nervo, ed ὁ πῖλος, il feltro.

Il rapporto più conforme a quello che si osserva tra gli elementi degli altri tessuti è senza dubbio la continuità tra prolungamenti cellulari e neuropilo; questo rapporto risulta dall'esame diretto del tessuto nervoso degli invertebrati (vermi, crostacei); nei vertebrati non è ancora dimostrato, ma le indagini del Bethe, del Nissl, del Held, del Bielschowsky e di tanti altri autori moderni ci permettono di ritenerlo come molto probabile.

Il concetto del neuropilo inteso nel senso sopra indicato è ben diverso da quello stabilito dall'Apàthy e dal Bethe in base alle loro indagini nei vermi e nei crostacei; per questi autori il neuropilo è il vero organo nervoso ed i corpi cellulari non hanno importanza nella funzione nervosa (vedasi l'esperimento del Bethe nel *Carcinus*: cfr. a pag. 56); invece secondo il mio concetto le cellule nervose coi loro prolungamenti costituiscono gli elementi nervosi per eccellenza, i centri nervosi elementari che chiameremo *neuroni*, ed il neuropilo è la sostanza interposta tra essi. Le neurofibrille servono alla conduzione dello stimolo nervoso; esso nel citoplasma cellulare variamente si modifica e nel neuropilo passa da cellula a cellula.

Per conseguenza nella presente opera noi intenderemo per *neurone la cellula nervosa coi suoi prolungamenti*; il *neurone* è il *centro nervoso elementare*; i *neuroni* non sono indipendenti, ma si continuano l'uno con l'altro per l'interposizione del neuropilo, sostanza intercellulare a struttura finamente reticolare (non si può dire se nei vertebrati tale continuazione avvenga col citoplasma nervoso come fanno pensare le ricerche del Paladino o con le neurofibrille come vorrebbero l'Apàthy, il Bethe, il Nissl, ecc.); *nei neuroni le neurofibrille costituiscono gli elementi conduttori dello stimolo nervoso*; i *neuroni* sono *unità fisiologiche*, è dubbio se siano anche *unità anatomiche* (infatti le fibre nervose periferiche, le quali sono prolungamenti di neuroni, è dubbio se abbiano origine monocellulare o pluricellulare, e ad ogni modo quando siano recise dal corpo cellulare, sono capaci di rigenerare dai nuclei delle loro guaine). Questo nuovo concetto del *neurone* è di molto diverso dal concetto classico, ancora oggi quasi universalmente adottato, secondo il quale il tessuto nervoso è costituito *solo* da cellule nervose coi loro prolungamenti, contigue tra loro; con la nuova concezione del neurone non può più parlarsi poi di polarizzazione dinamica, perchè è ben certo che vi sono neuriti e cilindrassi a conduzione sicuramente cellulipeta e non cellulifuga, come ad es. quelli dei nervi sensitivi.

§ 2

Tessuto gliale

A - Cellula gliale

La cellula gliale (1) è l'elemento anatomico principale di uno speciale tessuto, il tessuto gliale o *nevroglia*, che, come dicemmo al principio del capitolo, contribuisce largamente a formare il sistema nervoso centrale.

Notizie storiche — Senza voler entrare in minuti ragguagli intorno alla storia delle nostre conoscenze su questo elemento, basterà notare che la cellula gliale fu per la prima volta bene osservata da R. Virchow (1846), il quale asserì che essa, insieme ad una sostanza molle che la circonda, forma uno speciale tessuto di sostegno o *nevroglia*, in cui sono immerse le cellule nervose coi loro prolungamenti e nel quale decorrono i vasi sanguiferi.

Il metodo del Golgi ha condotto ad un concetto intieramente diverso, poichè ha dimostrato che la sostanza molle pericellulare osservata dal Virchow è il citoplasma della cellula, il quale si irradia da un corpo cellulare in tutte le direzioni mercè numerosi e sottili prolungamenti. Furono specialmente le indagini del Golgi (1885) e quelle del Kölliker (1893) che condussero a questa nuova concezione della cellula gliale. I prolungamenti cellulari terminerebbero liberi o sulle pareti dei vasi sanguiferi e dal loro intreccio verrebbe formato lo stroma del tessuto nervoso centrale.

Le indagini successive, iniziate dal Ranvier e dal Renaut e continuate poi con fortuna veramente insperata dal Weigert (1895), che trovò un metodo elettivo per la colorazione della nevroglia, ricondussero ad una concezione che s'avvicinava alla

(1) Sinonimia: *Cellula della nevroglia, cellula della glia, cellula aracneiforme, astrocite, cellula del Deiters, Cellula del Golgi.*

primitiva del Virchow. Infatti il Weigert riuscì a dimostrare che oltre alle cellule formano la nevroglia anche delle *fibre*, le quali sono indipendenti dal corpo cellulare e sono ripiegate ad ansa, giungendo con la convessità di questa vicino ma non a contatto col corpo della cellula. I prolungamenti raggiati che vengono posti in evidenza col metodo del Golgi, per il Weigert non sono altro che fibre di nevroglia, le quali per l'imperfezione del metodo predetto sembrano continuarsi col corpo cellulare.

Alle recise affermazioni del Weigert, che contraddicevano ai risultati ottenuti col metodo del Golgi, si poteva anche teoricamente opporre l'incongruenza tra i risultati forniti da questo metodo per le cellule nervose, nelle quali i prolungamenti dimostrati con esso si osservano pure con tutti gli altri metodi, ed i risultati dello stesso metodo per le cellule gliali. Ma le indagini di autori successivi, e specialmente quelle del Held (1902-03), hanno modificato la dottrina del Weigert, dimostrando che la cellula di nevroglia è veramente costituita da un corpo e da numerosi prolungamenti raggiati, come credeva il Golgi, e che le fibre del Weigert sono contenute entro ai prolungamenti citoplasmatici; contrariamente poi all'opinione del Golgi e del Kölliker, i prolungamenti secondo il Held si anastomizzano tra loro, cosicchè la nevroglia è un vero sincizio. Le indagini da me fatte nei ciclostomi e nei selaci mi hanno condotto ai medesimi risultati.

Morfologia — La cellula gliale è formata da un *corpo*, generalmente piccolo, e da numerosi *prolungamenti*, che si dipartono dalla sua periferia (fig. 39).

Il *corpo cellulare* ha forma molto varia, perchè si adatta alla forma dello spazio nel quale viene accolto; se esso è interposto tra le fibre midollate della sostanza bianca può presentare alla superficie delle escavazioni a doccia, situate parallelamente le une alle altre, che sono le impronte delle fibre suddette; se invece è posto nella sostanza grigia può essere uniformemente rigonfiato, sferoidale; vicino alla superficie del sistema nervoso centrale si vedono talvolta cellule con corpo molto schiacciato.

I *prolungamenti*, in generale molto numerosi, hanno pure forma assai varia; ora sono cilindrici, ora invece schiacciati e ridotti a lamine, ora per alcuni tratti si mostrano con un aspetto e per altri con aspetto diverso (fig. 39): ciò dipende dal fatto che anch'essi si adattano alla forma degli spazi nei quali sono con-

tenuti, o in altri termini deriva dal fatto che si lasciano comprimere dalle cellule e dalle fibre nervose, tra le quali si insinuano. Durante il loro cammino i prolungamenti di ogni cellula gliale si allontanano l'uno dall'altro e qualche volta anche si ramificano (fig. 39); terminano anastomizzandosi tra loro e con quelli delle

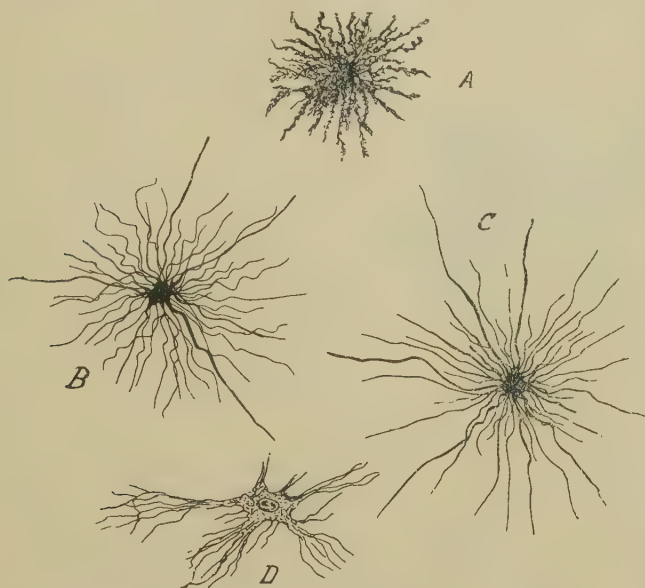


Fig. 39 — Cellule della nevroglia (della midolla spinale di un uomo di 37 anni). — A-C, metodo del Golgi; D, isolamento con la macerazione e colorazione con tioneina (Ingrand. 800 D). — A, cellula della sostanza grigia; B, C, D, cellule della sostanza bianca.

cellule vicine, in modo da formare un intreccio a tre dimensioni molto fitto e complicato (fig. 40). Per conseguenza il sistema nervoso centrale si può immaginare come costituito da un grande reticolo a tre dimensioni, prodotto dai prolungamenti delle cellule della nevroglia, i corpi delle quali sono situati qua e là in punti nodali del reticolo stesso; tra le maglie del reticolo sono situate le cellule nervose coi loro prolungamenti ed il neuropilo. Siccome vi è continuità tra i reticoli delle varie cellule della nevroglia, non si può dire quale zona del reticolo spetti ai prolungamenti di una e quale appartenga ai prolungamenti di un'altra; solo si può affermare che, essendo più numerosi e più vicini i corpi delle cellule nella sostanza grigia (fig. 39, A), questi hanno prolungamenti più corti di quelli della sostanza bianca (fig. 39, B, C); il Kölliker, in base alle immagini incomplete ottenute col metodo

del Golgi, chiamò *cellule breviraggiate* le prime e *cellule lunghiraggiate* le seconde.

I prolungamenti ora originano da tutta la periferia della cellula senza alcun ordine (fig. 39, *A-C*), ora invece da punti determinati di essa (fig. 39, *D*); nel primo caso le cellule gliali hanno anche il nome di *astrociti* (sensu stricto). Talvolta i prolungamenti

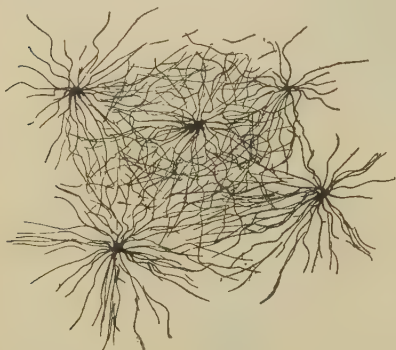


Fig. 40 — Reticolo di nevroglia (cor-tectia cerebrale umana: metodo del Golgi).

formano uno o pochi ciuffi che originano come i peli di un pennello dalla cellula; le cellule gliali di questa specie si chiamano anche *cellule a pennello*.

Riguardo al numero dei prolungamenti delle cellule nevrogliche, è difficile il determinarlo, perchè nelle cellule dissociate molti vengono strappati e nelle sezioni non si possono contare che in parte; nella sostanza bianca della midolla spinale di

un bambino di 5 anni servendomi di sezioni in serie di materiale trattato col metodo lento del Golgi, ho contato da 22 a 43 prolungamenti su 10 cellule della sostanza bianca ed in altrettante della sostanza grigia ne ho trovati fino a 54; in generale sono più numerosi nella sostanza grigia che in quella bianca.

I prolungamenti originano dalla superficie cellulare per mezzo di brevi coni o di corte lamine citoplasmatiche.

Oltre alle cellule gliali munite di prolungamenti se ne descrivono di prive di prolungamenti, distinte in *cellule a bastoncino* (Nissl) e in *piccole cellule gliali* (Cerletti); quelle sono allungate, fusiformi, queste appaiono sferoidali o poliedriche, hanno contorni netti, nucleo piccolo sferoidale circondato da scarso citoplasma granuloso e si trovano per lo più disposte in fila vicino ai vasi sanguiferi. È dubbio se siano veramente cellule gliali o cellule mesenchimali appartenenti alle pareti vasali o fuoriuscite da esse.

Dimensioni — Nelle cellule nevrogliche di forma sferoidale o poliedrica il corpo cellulare ha un diametro medio che varia da 8 a 20 μ ; in quelle schiacciate il diametro principale può raggiungere 35-40 μ . Per le ragioni sopra dette non si può determinare quale sia la lunghezza dei prolungamenti di una

cellula; il reticolo ch'essi formano è costituito da filamenti più o meno grossi, che variano da un minimo di $1\ \mu$ di diametro ad un massimo di $7\ \mu$.

Struttura — Il corpo delle cellule gliali è formato da un nucleo circondato da citoplasma; vi manca sempre una membrana cellulare.

Il *nucleo* (fig. 41) è ordinariamente sferoidale o sferico, con un diametro di $4-6\ \mu$; esso ha sempre contorni molto precisi. La cromatina è situata nella parte periferica, subito al di sotto della membrana nucleare, e si presenta in forma di masse allungate o di granuli, riuniti l'uno all'altro per mezzo di filamenti di linina; l'interno del nucleo è occupato da una esile rete di linina nei punti nodali della quale si osservano tre, quattro o più granuli di cromatina (Cajal). Per la disposizione della cromatina il nucleo delle cellule nevrogliche si distingue a prima vista da quello delle cellule nervose. La membrana nucleare è sottile, continua e prodotta da sostanza acromatica; spesso il citoplasma che la circonda, forma un alone chiaro. Il nucleolo non è stato osservato.

Il *citoplasma* è sempre bene manifesto; esso, oltre a circondare il nucleo, costituisce i prolungamenti (fig. 41) e le loro diramazioni, formando in tal guisa il reticolo nevroglico. Contiene numerosissimi e minutissimi granuli ialini, talvolta anche alcuni granuli di pigmento; sono stati descritti in esso anche dei *gliosomi* (cfr. la nota a pag. 24), in forma granulare (Nageotte) ed in forma fibrillare (Mawas), disposti senza ordine; il Nageotte espone la strana teoria che essi abbiano funzione secretoria ed interpreta per ciò la nevroglia « come una glandula interstiziale annessa al sistema nervoso ». Nelle cellule nevrogliche della sostanza bianca l'Obersteiner ha trovato granulazioni refrangenti che forse hanno l'ufficio di produrre sostanza amiloidea. Nella corteccia encefalica dell'adulto il citoplasma contiene anche granuli lipoidi.

Entro ai prolungamenti si trovano le *fibre della nevroglia*

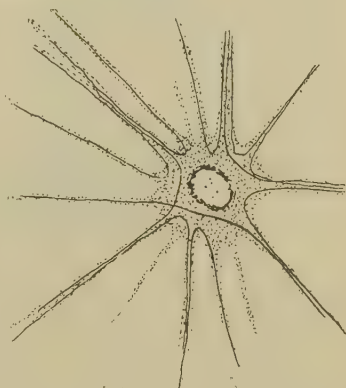


Fig. 41 — Cellula di nevroglia con fibre gliali (Semischematica).

(*fibre gliali*). Sono fili molto esili, ialini, cilindrici (fig. 41), che hanno decorso rettilineo e che possono penetrare con una delle loro estremità nel corpo cellulare; in tal caso si piegano bruscamente e fuoriescono dal corpo per mezzo di un prolungamento diverso da quello che le ha accompagnate entro al corpo della cellula (fig. 42). Per ciò formano attorno al nucleo delle anse con la convessità volta verso di esso, le quali non lo attraversano mai. I prolungamenti più grossi contengono parecchie fibre (fig. 41), le quali penetrando nel corpo cellulare vanno a distribuirsi a diversi altri prolungamenti e non ad uno solo; i prolungamenti



Fig. 42 — Cellule con fibre della nevroglia (sostanza bianca del cervello umano, sec. Cajal; metodo del Weigert) — A, corpo cellulare; B, C, capillari sanguiferi con rete gliale perivasale; a, fibre della nevroglia; b, citoplasma cellulare.

più fini ne contengono invece una sola. Non tutti i prolungamenti contengono fibre di nevroglia; alcuni sono costituiti da solo citoplasma (fig. 41). Inoltre le fibre non si estendono lungo tutti i prolungamenti, ma di solito si osservano vicino al corpo cellulare; le parti del reticolo nevroglico più lontane dai corpi delle cellule possono venire costituite da soli filamenti di citoplasma indifferenziato. Le fibre gliali non si ramificano nè si anastomizzano; non ho mai potuto vederle continuarsi ininterrotte da cellula a cellula. Chimicamente si differenziano dalle neurofibrille e dalle fibrille collagene; però la loro composizione ci è ancora sconosciuta.

Le fibre sono variamente sviluppate nelle varie regioni del sistema nervoso centrale. In alcune zone della sostanza grigia, come ad es. nella sostanza gelatinosa del Rolando, sono molto numerose e formano un fittissimo intreccio; in altre, come ad es. nella zona grigia marginale della corteccia cerebellare, sono invece oltremodo scarse. Alla superficie del sistema nervoso centrale si osserva quasi dovunque un fitto intreccio di fibre gliali (fig. 43) (*nevroglia marginale*); uno strato anche più fitto lo si trova al di sotto del rivestimento epiteliale dei ventricoli encefalici e del canale centrale della midolla spinale. Anche attorno ai vasi sanguiferi decorrenti nella sostanza nervosa le fibre nevrogliche sono numerose e costituiscono un intreccio complicato (fig. 42) che li riveste da ogni parte (*avventizia nevroglica* dell'Andriezen 1893). Intrecci simili si trovano pure nel limite tra sostanza bianca e sostanza grigia.

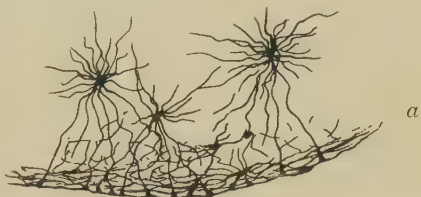


Fig. 43 — Membrana limitante esterna (a) e nevroglia marginale (midolla spinale umana).

Rapporti — Fin da principio abbiamo veduto che le cellule gliali si continuano tra loro per mezzo dei prolungamenti costituendo un reticolo a tre dimensioni che si deve riguardare come un vero e proprio sincizio. Esso è indipendente dai dendriti e dai neuriti delle cellule nervose; non si è mai veduto un prolungamento nevroglico continuarsi con un prolungamento nervoso. I suoi rapporti col neuropilo non sono ancora stabiliti.

Abbiamo già notato (cfr. a pg. 43) come in alcuni invertebrati il Holmgren abbia visto prolungamenti di nevroglia penetrare entro a canali che attraversano il corpo delle cellule nervose; però neppure in questo caso la nevroglia si continua direttamente col citoplasma nervoso.

Il reticolo nevroglico termina alla superficie degli organi nervosi formando un rivestimento completo e continuo (*membrana limitante esterna*) (fig. 43); essa viene prodotta dalle estremità superficiali dei prolungamenti del reticolo. Queste infatti terminano rigonfiate a piramidi (*pidi terminali*) e le basi delle piramidi si pongono a contatto l'una con l'altra, in modo da formare uno strato continuo; per ciò, quando la membrana limitante esterna venga osservata in superficie, ha un aspetto pavimentoso appa-

rendo costituita dall'insieme di tante piccole aree poligonali, ciascuna delle quali è la base di un piede terminale dell'intreccio nevroglico. Anche attorno ai vasi sanguiferi si osservano membrane limitanti con la medesima costituzione; sono molto manifeste in vertebrati inferiori (selaci, ciclostomi: Sterzi). Le membrane limitanti richiamano alla mente le membrane di basamento che sono interposte tra gli epiteli ed il tessuto connettivo e forse hanno la medesima funzione (osmotica?).

I rapporti del reticolo gliale e delle sue cellule non ci permettono di indurre il significato funzionale di questo tessuto; alcuni lo ritengono per un semplice tessuto di sostegno, e si basano specialmente sulla presenza delle fibre; altri ammettono che abbia invece la funzione di assorbire materiali nutritivi dal plasma sanguigno per trasmetterli alle cellule nervose, e si fondano sui rapporti molto intimi che il reticolo nevroglico prende con le pareti dei vasi sanguiferi: infine altri considerano la nevroglia come un mezzo isolante degli elementi nervosi. E' probabile che tutte queste opinioni pecchino di esclusivismo; probabilmente la nevroglia serve a tutte e almeno a due delle tre funzioni ammesse dagli Autori, cioè come tessuto di sostegno e come apparecchio di diffusione del plasma nutritivo alle più recondite parti del tessuto nervoso. Le vedute moderne, per le quali il nevrilemma delle fibre del sistema nervoso periferico coi suoi nuclei è costituito da cellule nevrogliche altamente differenziate, concordano con questo modo di considerare la nevroglia.

B - Cellula endimale

Le cellule endimali sono elementi di natura epiteliale che tappezzano le pareti solide dei ventricoli encefalici e dei condotti comunicanti con essi (fig. 44) e che inviano nel tessuto nervoso dei prolungamenti i quali si comportano fondamentalmente come quelli delle cellule gliali. Per questo carattere e per il fatto che durante lo sviluppo dell'uomo ed anche a sviluppo completo nei cranoti inferiori si osservano forme intermedie tra quella della cellula endimale e quella della cellula gliale, le cellule endimali vengono riguardate come componenti del tessuto gliale.

Nell'uomo le cellule endimali non mostrano particolarità specifiche, come negli altri cranoti e specialmente nei più bassi,

nei quali esse presentano in alcune regioni aspetto glandulare o d'altra natura [ricordo ad es. il sacco vascoloso dei pesci, i recessi postabenulari dei ciclostomi e dei selaci (Sterzi, 1907, 1912) che si troverebbero anche negli altri vertebrati ed in forma rudimentale nell'uomo — Dendy — ecc.]. Simili alle cellule endodermali sono le *cellule coroidee*, che tappezzano le pareti membranose dei ventricoli encefalici; queste cellule conservano però la forma e la struttura di cellule epiteliali e per alcuni caratteri ricordano le cellule glandulari. Esse non prendono parte alla costituzione del tessuto gliale, poichè si trovano in regioni nelle quali esse sole formano la parete nervosa; la loro descrizione sarà quindi fatta quando ci occuperemo delle tele coroidee e dei plessi coroidei.

Notizie storiche — Il Purkinje ed Valentin (1833) riconobbero per primi che le pareti dei ventricoli encefalici sono tappezzate da epitelio vibratile; lo Stilling (1859) osservò che le cellule epiteliali, oltre alle ciglia vibratili sporgenti nei ventricoli, danno anche origine ad un prolungamento periferico, che si addentra nel tessuto nervoso.

Spetta al Golgi (1885) il merito di avere riconosciuta la forma della cellula endodermale e di avere osservato che il prolungamento periferico può attraversare tutta la parete nervosa e spingersi fino alla superficie del sistema nervoso centrale dando rami lungo il suo cammino; questi non si continuerebbero, ma si incrocerebbero con quelli delle cellule gliali.

Il Weigert (1890, 1896), servendosi dello stesso metodo che gli aveva permesso di portare una vera rivoluzione nelle idee che si avevano ai suoi tempi sulla costituzione della nevroglia, asserì che le immagini ottenute dal Golgi erano artificiali e prodotte dal suo metodo, e sostenne che le fibre endodermali sono diverse dalle fibre della nevroglia e costituite da una sostanza che è simile all'exoplasma e diversa dal citoplasma delle cellule gliali. Anche E. Müller (1900) constatò una differenza di struttura tra il corpo cellulare ed il prolungamento e vide che questo termina in quello spandendosi in fibrille.

Lo Studnicka (1900) osservò che talvolta i corpi delle cellule endodermali sono tra loro riuniti per mezzo di ponti citoplasmatici.

Non sono ancora noti i rapporti tra endodermia e nevroglia.

Morfologia — Le cellule endoteliali sono cigliate e munite di uno o più grossi prolungamenti (fig. 44); vi dobbiamo quindi distinguere il *corpo cellulare* che riveste i ventricoli del sistema nervoso od i condotti che sboccano in essi, le *ciglia vibratili* che sporgono libere nelle cavità ventricolari, ed i *prolungamenti periferici* che si addentrano nelle pareti solide dei ventricoli o dei condotti comunicanti con essi (fig. 44).

Il *corpo cellulare* è prismatico ed ordinariamente assai alto; la forma prismatica è dovuta al fatto che le cellule sono stipate l'una con l'altra; per conseguenza per la forma dei corpi cellulari le cellule endoteliali possono venire comprese nella specie di

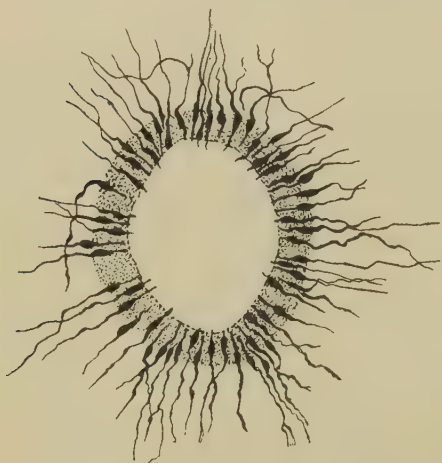


Fig. 44 — Ependima del canale centrale (midolla spinale di bambino di 1 anno, a livello del IV paio dei nervi cervicali; metodo del Golgi).

epitelio semplice impropriamente detto « cilindrico ». Siccome i nuclei delle cellule endoteliali non sono situati in un medesimo piano, ma in due od in tre piani sovrapposti, e quelli di un piano si alternano con quelli del piano o dei piani vicini, ne risulta che i corpi cellulari sono rigonfiati in corrispondenza dei propri nuclei e ristretti nelle porzioni che vengono a trovarsi tra i nuclei delle cellule vicine (fig. 44); per ciò la forma dei corpi cellulari è quella di prismi irregolari, ora ingrossati ed ora sottili; ed

accanto a cellule piramidali, con la base volta verso la cavità ventricolare, se ne trovano di fusiformi che delimitano la predetta cavità per mezzo di un prolungamento più o meno sottile (fig. 44).

L'altezza del corpo cellulare non è uguale in tutto il sistema nervoso centrale, ma varia secondo le regioni; passando dalle parti solide del nevrasso a quelle membranose, che, come abbiamo detto sopra, sono tappezzate da un epitelio cubico speciale (*epitelio corioideo*), i corpi delle cellule endoteliali gradatamente diventano più bassi. In alcuni tratti delle pareti ventricolari le cellule endoteliali hanno corpi schiacciati come quelli dell'epitelio pavimentoso.

I corpi delle cellule ependimali sono nettamente delimitati l'uno dall'altro e congiunti per mezzo di scarsa sostanza cementante, simile a quella che è interposta tra le cellule epiteliali (Studnicka). Tra le cellule si osservano spesso *spazi intercellulari* (fig. 45) di natura linfatica; tra essi si notano *ponti citoplasmatici* che, attraverso alla sostanza cementante, fanno comunicare il citoplasma di una cellula con quello di una cellula vicina (fig. 45).

Le *ciglia* (fig. 45) sono bene manifeste nella vita fetale (mancano però al principio dello sviluppo); nell'adulto si conservano solo in alcune regioni, come nel pavimento del ventricolo rombencefalico o nell'acquedotto del Silvio, mentre in altre scompaiono completamente, come avviene in totalità od in parte del canale centrale della midolla spinale. Sono corte e per lo più quelle di una cellula si riuniscono formando una sorta di pennello appuntito che sporge diritto od incurvato ad uncino nella cavità ventricolare.

I *prolungamenti periferici* originano dall'e-

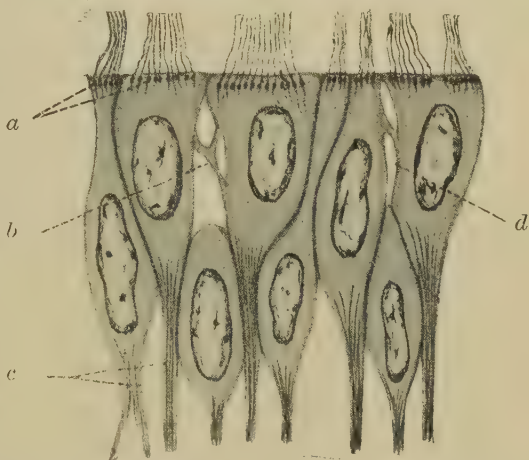


Fig. 45 — Cellule ependimali (dei ventricoli laterali di un feto umano di 7 mesi: Ingrand. = 1250 D.). — *a*, blefaroplasti; *b*, ponti citoplasmatici; *c*, prolungamenti periferici con fibrille; *d*, spazi intercellulari.

stremità periferica del corpo cellulare nelle cellule cilindriche, fusi-formi o piramidali (fig. 44, 45) e dalla faccia periferica in quelle schiacciate. Si spingono più o meno profondamente nel tessuto nervoso che li circonda (fig. 44); nel feto arrivano fino alla superficie esterna del sistema nervoso (fig. 46), nell'adulto si perdono a breve distanza dal corpo cellulare (fig. 44), tranne che in alcune regioni, come quelli che provengono dalle cellule che rivestono anteriormente e posteriormente il canale centrale della midolla spinale (*cono ependimale anteriore e posteriore*), i quali giungono rispettivamente fino al fondo della fessura midollare e del solco mediano posteriore della midolla (fig. 47). Di regola ogni corpo cellulare dà origine ad un solo prolungamento; in quelle regioni ove le cel-

lule sono allargate, se ne possono vedere anche 3 o 4 provenienti da una medesima cellula (come ad es. nel pavimento del ventricolo rombencefalico). I prolungamenti sono cilindrici, quasi laminari; durante il loro decorso danno origine a diramazioni, le quali si intrecciano con filamenti della rete di nevroglia; col metodo del Golgi possono mostrare numerose piccole spine (aspetto muschioso; G. Retzius), ma a quanto pare trattasi di artificio prodotto dal metodo.

Dimensioni — Variano notevolmente e sono legate alla forma delle cellule. Nell'ependima cilindrico il corpo cellulare ha un diametro trasverso di 10-25 μ ed un asse principale lungo 25-55 μ (Ziehen); in quello appiattito il diametro trasverso arriva a 35 μ e l'asse a 20 μ . Le ciglia sono in numero diverso nelle varie cellule; in un tratto di ependima del pavimento del IV ventricolo di un uomo di 27 anni, nel quale tratto le cellule si vedevano in superficie, ho trovato in media 20 ciglia per cellula. Il prolungamento periferico di regola è unico; solo in pochi casi (v.¹ sopra) se ne osservano tre o quattro.

Struttura — Il corpo cellulare è costituito da una massa di citoplasma che circonda il nucleo.

Il *nucleo* nelle cellule prismatiche o fusiformi è ellissoidale, con l'asse maggiore disposto come quello della cellula (fig. 45); nelle pavimentose è schiacciato. Di regola si osserva un nucleo solo per ogni cellula (fig. 45); nelle cellule molto allungate se ne possono trovare due. È lungo 4-5 μ e largo 2-3 μ ; di solito ha molta cromatina, che forma un reticolo periferico bene accentuato; contiene tre o quattro nucleoli cromatici ed un nucleolo vero.

Il *citoplasma* è finamente granuloso, specialmente nella zona paranucleare (fig. 45); si inspessisce alquanto alla periferia della cellula formando uno strato di exoplasma; nella faccia libera del corpo cellulare l'exoplasma è così grosso da costituire un vero *orletto*, attraverso a cui passano le ciglia (fig. 45). L'insieme di tutti gli orletti forma uno strato che è noto col nome di *membrana limitante interna* dei centri nervosi; essa è una vera formazione cuticolare perchè esaminandola in superficie la si vede costituita da tante piccole aree poligonali (fig. 46), che corrispondono agli orletti delle cellule ependimali riuniti per mezzo della sostanza cementante.

Le *ciglia*, subito dopo aver attraversato l'orletto ed essere penetrate nel citoplasma molle, presentano un piccolo ingrossamento per ciascuna, una sorta di bottoncino (*blefaroplasto*) (fig. 45), sulla cui natura gli autori non sono ancora d'accordo (alcuni lo ritengono di natura exoplasmatica, altri lo credono appartenente alle ciglia). Talvolta i blefaroplasti sono proprio alla superficie libera del corpo cellulare o, nello spessore dell'orletto (fig. 45); in alcune cellule, che hanno perduto le ciglia, i blefaroplasti permangono e furono veduti anche dal Weigert, che però li interpretò a torto come appendici dell'exoplasma, senza porli in relazione con le ciglia vibratili scomparse. Le ciglia si prolungano anche al di là dei blefaroplasti entro al citoplasma e si possono seguire fino attorno al nucleo (nei selaci attraversano tutto il corpo cellulare e si continuano con le fibrille contenute nel prolungamento periferico).

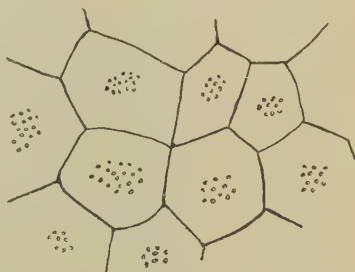


Fig. 46 — Membrana limitante interna (nei ventricoli laterali di feto umano di 7 mesi). Si vedono i limiti tra le cellule ependimali e le sezioni trasversali delle ciglia.

I *prolungamenti periferici* sono formati da citoplasma simile a quello dei corpi cellulari, entro al quale è accolto un fascio di sottili *fibrille* (fig. 45). Coi metodi comuni di tecnica il fascio fibrillare sembra omogeneo ed il citoplasma che lo riveste non viene posto in evidenza; così rimane spiegato perchè alcuni credono che il prolungamento sia costituito da un cilindro di sostanza speciale, ed altri lo credono di natura exoplasmatica. La struttura fibrillare è manifesta alla radice del prolungamento, perchè si vedono chiaramente le fibrille espandersi come un pennello attorno al nucleo (fig. 45). In alcuni vertebrati (selaci) esse attraversano il corpo cellulare e si continuano con le ciglia; talvolta terminano espandendosi sulla membrana limitante interna (Studnicka, 1900). Le fibrille ependimali presentano le medesime affinità per le sostanze coloranti delle fibrille della nevroglia (E. Müller).

Rapporti — I corpi delle cellule ependimali sono spesso riuniti insieme per mezzo di ponti citoplasmatici (Studnicka, 1900), e lo abbiamo già ricordato (fig. 45).

I prolungamenti periferici si comportano fondamentalmente come quelli della nevroglia. I prolungamenti che arrivano fino alla superficie del sistema nervoso centrale terminano allargati a cono (*piede terminale*), e contribuiscono a formare la *membrana limitante esterna* (fig. 47), comportandosi come le estremità delle fibre gliali (cfr. a pg. 73); in alcune regioni (come ad es. nel fondo

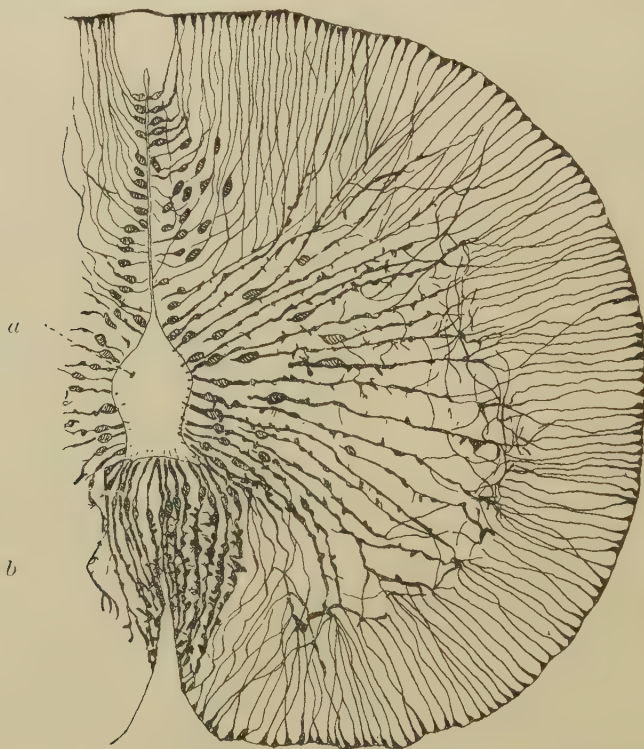


Fig. 47 — Cellule ependimali (sezione trasversale della midolla spinale di embrione umano lungo 44 mm., sec. il Cajal; metodo del Golgi). — *a*, canale centrale; *b*, cuceo ependimale anteriore.

della fessura midollare e del solco mediano posteriore della midolla), nelle quali molte fibre ependimali giungono fino alla superficie del nevrasse (fig. 47), la membrana suddetta è costituita esclusivamente dai loro piedi terminali.

I prolungamenti che terminano nella sostanza nervosa o contribuiscono a costituire insieme alle fibre nevrogliche le membrane limitanti perivascolari, o contribuiscono a formare il reticolo gliale.

A rigore di termini le cellule ependimali non sono dunque indipendenti, ma fanno parte del complicato sincizio gliale diffuso in tutto il sistema nervoso centrale.

C - Rapporti tra tessuto nervoso e tessuto gliale

Il tessuto gliale costituisce un intreccio a tre dimensioni, una sorta di fittissima spugna, che forma lo stroma degli organi nervosi centrali; il tessuto nervoso è contenuto negli spazi di questo stroma e costituisce pur esso un intreccio a tre dimensioni, nel quale si osservano dei punti di convergenza dei prolungamenti nervosi, che sono i corpi delle cellule gangliari. Secondo questa concezione i due tessuti si mescolano intimamente insieme, come fanno altri tessuti per formare altri organi (così ad es. il tessuto muscolare ed il tessuto connettivo per formare i muscoli, ecc). Però i due tessuti non si continuano mai l'uno con l'altro e tra essi vi sono semplici rapporti di contiguità. Ciò non esclude che ciascuno dei due tessuti possa essere necessario alla vita dell'altro, come non impedisce che la funzione nervosa non si possa esplicare senza la presenza di entrambi. Intorno a questi argomenti noi non sappiamo però nulla di positivo; e così rimane allo stato di semplice ipotesi quella avanzata da P. Ramòn Cajal che la nevroglia costituisca un mezzo isolante il quale impedisce la formazione di corti circuiti o di dispersioni tra l'energia nervosa decorrente in alcuni prolungamenti cellulari e quella decorrente in altri, come rimane una pura ipotesi anche l'idea di coloro che ammettono una proprietà contrattile nelle fibre gliali, per la quale verrebbero messe ad immediato contatto le terminazioni dei prolungamenti nervosi, che durante il riposo della nevroglia sarebbero poste ad una certa distanza l'una dall'altra.

Non si può asserire se tra il reticolo gliale ed il neuropilo vi sia contiguità nello stretto senso del vocabolo oppure se tra essi s'interpongano sempre minutissimi spazi; è certo che nell'interno dei due reticoli, come attraverso ad una minutissima spugna, decorre il plasma che serve al ricambio materiale degli elementi nervosi e nevroglici. Ammette qualche autore (Obersteiner) che i corpi delle cellule nervose siano circondati da uno spazio linfatico ampio (*spazio pericellulare*); ma la scoperta del neuropilo, delle terminazioni nervose pericellulari e dell'apparecchio esterno

del Golgi hanno dimostrato che si tratta di uno spazio artificiale.

Se il tessuto nervoso è formato esclusivamente o quasi esclusivamente da neuropilo, da corpi cellulari, da dendriti e da neuriti, esso unendosi nel modo anzidetto al tessuto gliale, costituisce la *sostanza grigia* degli organi nervosi centrali; se invece il tessuto nervoso è fatto di fibre nervose, insieme al tessuto gliale produce la *sostanza bianca* degli organi predetti.

Nella *sostanza grigia* il reticolo nervoso ed il reticolo gliale, con gli elementi che li formano, non hanno una disposizione regolare. Questa sostanza è situata ora alla superficie ed ora nell'interno del sistema nervoso centrale, e si presenta come una massa pastosa, poco consistente, di colore cinereo (in qualche zona, per la presenza di melanina e di lipocromo delle cellule nervose, può anche essere bruna od ocracea). La sostanza grigia si disgrega facilmente premendola tra le dita o facendo cadere su essa un filo d'acqua; si rammollisce rapidamente dopo la morte, tanto da diventare semiliquida; disgregata su un vetro ed esaminata contro luce, sembra omogenea e semitrasparente se ridotta in strato sottile.

Nella *sostanza bianca* le fibre nervose hanno calibro diverso e per la massima parte sono situate parallelamente le une alle altre; insieme ad esse si possono trovare anche semplici neuriti ed anche dei dendriti ed in qualche regione vi sono perfino cellule nervose. Il tessuto gliale seguita a costituire un intreccio, ma esso ha una forma assai regolare; infatti nel suo interno sono scavati lunghi e sottili canali, per lo più parallelamente disposti, nei quali stanno accolte le fibre nervose. Queste di solito costituiscono dei piccoli gruppi o dei fascetti; e quindi il reticolo gliale ha maglie più grosse tra i vari fascetti di fibre e maglie molto piccole entro a ciascun fascetto; le prime circondano infatti un fascetto, le seconde una sola fibra. I corpi delle cellule nevrogliche sono situati per lo più tra i fascetti di fibre; nei singoli fascetti penetrano le fibre gliali.

La sostanza bianca si trova anch'essa ora alla superficie ed ora all'interno degli organi del sistema nervoso centrale; ha l'aspetto di una massa resistente, abbastanza elastica, di colore biancoroseo, che si disgrega solo comprimendola con forza tra le dita; essa resiste più a lungo della sostanza grigia al rammollimento cadaverico. Dissociandola appare costituita da filamenti più o meno sottili che decorrono paralleli; sono le fibre nervose. La

tinta bianca è prodotta dalla rifrangenza della mielina; la sfumatura rossa ch'essa presenta nel fresco è dovuta ai vasi sanguiferi che la percorrono e che sono sempre in quantità molto minore che nella sostanza grigia.

La sostanza grigia e la sostanza bianca non sempre si trovano negli stati caratteristici ora descritti; in molte regioni del sistema nervoso centrale sono variamente commiste, di guisa che si osservano numerosi termini intermedi tra le due forme tipiche suddette.

Quando un organo nervoso viene formato da sostanza bianca e da sostanza grigia ora vi è limite abbastanza netto, ora vi è graduale passaggio tra l'una e l'altra.

§ 3

Tessuto connettivo dei centri nervosi

Il tessuto connettivo penetra nel sistema nervoso centrale solo come costituente di vasi sanguiferi o di vie linfatiche e circonda tale sistema con quegli invogli che indicammo col nome di *meningi*. Per lo addietro si credeva invece che il connettivo formasse buona parte del tessuto di sostegno dei centri nervosi, ed in molti trattati anche moderni questo concetto è ancora conservato; come tipico esempio di questo fatto viene posto innanzi quello della midolla spinale, in cui dalla periferia penetrano radialmente numerosi setti, più o meno lunghi, i quali si ramificano e si anastomizzano tra loro; ma questi setti non sono setti di connettivo, ma setti di tessuto gliale che, come meglio vedremo trattando della midolla spinale, si dipartono da uno strato di nevroglia che tutta la circonda. Entro al sistema nervoso centrale non si trova mai tessuto connettivo separato dai vasi sanguiferi o dalle vie linfatiche (G. Sterzi, 1900).

I *vasi sanguiferi* del sistema nervoso centrale hanno fondamentalmente la medesima struttura di quelli che decorrono nel resto dell'organismo. Le arterie e le vene più grosse sono perciò costituite da una tonaca intima, con una sottile membrana fenestrata, da una tonaca media e da un'avventizia; le più piccole non mostrano più bene distinte le due ultime tonache. Paragonati agli altri vasi dell'organismo, quelli del sistema nervoso

centrale sono caratterizzati da minore spessore delle pareti, da minore quantità del tessuto elastico e del tessuto muscolare; l'avventizia, costituita da tessuto lasso, è invece più grossa. Avendo la struttura ora accennata, presentano scarsa resistenza alla pressione. Nell'avventizia delle piccole arterie, specialmente delle encefaliche, si trovano normalmente accumuli di grasso e di pigmento (Obersteiner); nel bambino di un anno si vedono specialmente gli accumuli di grasso, in quello di cinque anni tali accumuli cominciano a prendere colore gialliccio, e ciò dimostra che essi stanno mutandosi in lipocromo (Obersteiner), e nell'adulto per la maggior parte sono costituiti da questa sostanza. Gli accumuli adiposi e lipocromici vengono formati da numerose piccole granulazioni che riempiono il citoplasma di alcune cellule dell'avventizia; il nucleo cellulare ne rimane sempre sprovvisto. Nell'avventizia delle vene trovasi invece a preferenza anche nell'adulto del grasso, che per lo più occupa il citoplasma di alcune cellule connettive (cellule granulo-adipose; Obersteiner). I capillari mostrano parete sottilissima, costituita da sole cellule endoteliali; la maggior parte degli Autori esclude che attorno ad essi si trovi una sottile membrana elastica, proveniente da quella delle arteriole (Alzheimer, Svensen).

Qualunque sia il calibro dei vasi sanguiferi, gli elementi connettivi che li formano non sono mai in rapporto diretto col tessuto nervoso; infatti subito attorno ai vasi, come già vedemmo pag. 73), si trova il tessuto gliale, con disposizione simile a quella che presenta alla superficie del sistema nervoso centrale. Il reticolo gliale perivascolare è molto fitto (fig. 42), così da costituire una specie di manicotto, ricco di fibre; l'Andriezen (1893) attribuì a questo feltro nevroglico la funzione di attutire la pressione che potrebbe produrre sul tessuto nervoso il dilatarsi dei vasi. Il manicotto gliale è poi attraversato da fibre gliali che terminano dilatate alla superficie dell'avventizia, producendo così una *membrana limitante perivascolare* (fig. 48), perfettamente simile alla membrana limitante esterna, come già accennammo (cfr. a pg. 74). Se quindi noi immaginiamo di togliere i vasi sanguiferi in un tratto di sostanza nervosa, rimarranno dei canalini scavati in tale sostanza, in cui decorrevano i vasi estratti; questi canali presentano una parete liscia, regolare, di aspetto pavimentoso perchè costituita dalla membrana limitante perivascolare. Tale membrana è a contatto con l'avventizia vasale.

Nel manicotto gliale si trovano *piccole cellule gliali e cellule a bastoncino* (Stäbchenzellen del Nissl); ho già accennato (pg. 70) come sia incerto il loro significato; forse con questi nomi vengono indicati tanto elementi gliali veri che elementi connettivi (cellule dell'avventizia, fibroblasti, ecc.).

La *pia madre* è la meninge che circonda immediatamente i centri nervosi (fig. 48); senza voler ora trattare dell'intima struttura di questa meninge, basterà avvertire ch'essa è costituita nel suo strato più interno da tessuto connettivo fibrillare, nel quale i fasci hanno varia direzione. Questo strato si trova ad immediato contatto con la membrana limitante esterna (cfr. a pg. 80), che, come sappiamo, è di natura gliale (fig. 48, *a*); il citoplasma delle cellule fisse della meninge ed i fasci connettivi di questa membrana aderiscono così strettamente alla limitante, che non è possibile il distacco di questa da quelli. Non esiste adunque uno spazio perinervoso, quale fu ammesso dal His (1886), tra la meninge e la superficie nervosa; questo spazio era stato già negato da me (1900-01) e recentemente alla medesima conclusione è giunto il Held (1907, 1909). Gli elementi connettivi non attraversano mai la membrana limitante esterna, tranne che nei luoghi di penetrazione entro al nevrasse dei vasi (fig. 48); per conseguenza la membrana limitante esterna del sistema nervoso si comporta come le membrane di fascamento, che stabiliscono una netta barriera di separazione tra tessuto epiteliale e tessuto connettivo. Sotto alla membrana limitante anche alla superficie del sistema nervoso centrale si trova uno strato compatto di tessuto gliale (*nevroglia marginale*; cfr. a pg. 73; per ciò gli elementi nervosi non sono mai a contatto con le membrane limitanti. Quando i vasi sanguiferi dalla superficie del sistema

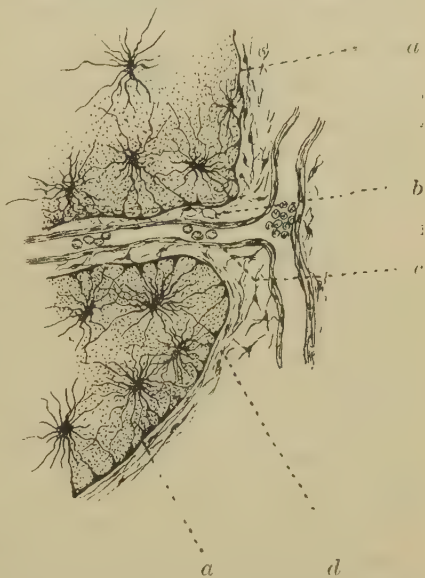


Fig. 48 — Rapporti tra il tessuto gliale ed i vasi sanguiferi (sezione di un'arteria *c* della pia madre *d* al suo penetrare nella midolla spinale in un bambino di 8 anni). — *a, a*, membrana limitante esterna; *b*, spazio linfatico perivasale.

nervoso centrale penetrano nel suo interno, introflettono la membrana limitante esterna, costituendo così degli imbuto nei luoghi della loro penetrazione, e questa membrana si continua con la membrana limitante perivascolare, che, come dicemmo, ha lo stesso significato (fig. 48, *a*).

Come adunque si vede vi è sempre una separazione molto netta tra tessuto connettivo e sostanza nervosa, perchè tra essi trovasi sempre una membrana limitante di natura gliale, paragonabile alle membrane di basamento degli epiteli. Questa membrana è poi sempre a contatto con uno straterello assai denso di tessuto gliale, al di là del quale trovansi gli elementi del tessuto nervoso.

Le membrane limitanti ostacolano il passaggio del plasma sanguigno dalle pareti dei capillari all'interno del reticolo nevroglico e del reticolo nervoso? Se esse (ed è verosimile) agiscono come le membrane di basamento, non possono ostacolare gli scambi osmotici tra i liquidi contenuti tra le maglie dei suddetti reticoli ed il plasma circolante; e le interruzioni che presentano attorno alle pareti dei capillari sono probabilmente in rapporto con questa loro funzione. Il reticolo di nevroglia, costituendo esso stesso le membrane dializzatrici, ha probabilmente un'azione attiva nel regolare questi scambi.

Nella massima parte dei trattati si legge che attorno ai grossi vasi sanguiferi del sistema nervoso centrale si trovano due sistemi di spazi linfatici (spazi linfatici perivascolari), che costituiscono le vie per le quali la linfa, derivante dal metabolismo delle cellule dei tessuti nervoso e gliale, viene alla superficie dei centri nervosi; un sistema sarebbe interno (spazio del Virchow e del Robin), si troverebbe nella compagine dell'avventizia e verrebbe formato dall'insieme dei minutissimi spazi del tessuto connettivo di questa tonaca; l'altro sarebbe esterno (spazio del His), e si troverebbe tra l'avventizia, che presenta un rivestimento endoteliale (peritelio) e la membrana limitante perivascolare. Di questi due spazi esiste solo il primo (fig. 48, *b*); il secondo è un artificio di tecnica; infatti l'avventizia dei vasi si pone in diretto rapporto con la membrana limitante perivascolare. Come meglio vedremo studiando gli spazi intrameningei e le loro comunicazioni (cfr. a: Meningi), lo spazio linfatico perivascolare si può anche iniettare, e le indagini anatomo-comparative ne hanno dimostrata la presenza in tutta la serie dei vertebrati (Sterzi).

Nello spazio linfatico perivascolare si osservano dei globuli

bianchi; il loro numero normalmente è però scarso. Tra le cellule dell'avventizia si notano talvolta anche dei *corpuscoli amiloidei*, e più nei vecchi; in questo caso possono trovarsi oltre che nell'avventizia anche nel tessuto gliale, lontano dai vasi. I corpuscoli appaiono al microscopio di forma ovoidale o ellissoidale e rifrangono fortemente la luce; il loro diametro medio varia da 10 a 20 μ (per eccezione si possono vedere corpuscoli amiloidei molto più grossi, con diametro medio di 45 μ : Obersteiner); non presentano mai una stratificazione concentrica, solo talvolta mostrano un nucleo centrale ed una zona periferica. Alcuni autori (Leber, Greff) asseriscono che i corpuscoli sono circondati da una membrana particolare; altri (Alzheimer) interpretano tale membrana come un inspessimento gliale. Si incontrano più facilmente nello strato marginale della midolla spinale e nei setti gliali che penetrano entro la midolla e nello strato superficiale della corteccia cerebrale; in generale si osservano in quelle regioni nelle quali manca od è scarso il tessuto nervoso ed esiste quasi esclusivamente il tessuto gliale. È dubbio se traggano origine dal corpo di cellule gliali involute o se siano di origine linfatica; il loro significato è tuttora incerto.

Nello spazio linfatico perivascolare si possono trovare anche normalmente *cellule granulose* (1); il loro numero aumenta in condizioni patologiche (ad es. nella paralisi progressiva). Sono grossi elementi rotondi, allungati o poliedrici, con nucleo rotondo od ellissoidale, provvisto di grossi granuli di cromatina e di una spessa membrana nucleare alla quale molti di questi granuli aderiscono. Il citoplasma, molto abbondante, è granuloso tranne che in immediata vicinanza del nucleo, attorno al quale forma un alone chiaro; le sue granulazioni si colorano metacromaticamente coi colori basici di anilina. Le cellule suddette sembrano di origine linfatica (dai linfociti).

In condizioni patologiche l'avventizia vasale può contenere anche altre cellule (*cellule plasmatiche*, *cellule moriformi* del Perusini o del Parker, ecc.) e corpuscoli di vario genere (corpi ialoidei, corpi del Rüssel, corpuscoli fucsino-fili, ecc.); per queste formazioni vedansi i trattati di anatomia patologica.

(1) Per alcuni caratteri, come i grossi granuli del citoplasma e l'alone chiaro perinucleare, assomigliano alle cellule plasmatiche (nel senso dell'Unna) o *plasmotociti*; la metacromasia delle loro granulazioni mi ha però indotto a riguardarle come cellule granulose (Mastzellen).



CAP. II.

La istogenesi del sistema nervoso centrale

Le prime fasi di sviluppo del sistema nervoso centrale dell'uomo sono ancora completamente sconosciute; è però molto probabile che assomiglino a quelle degli altri mammiferi, e che quindi, in una stretta zona sagittale mediana dell'area embrionale ed al davanti di quell'ispessimento che è noto col nome di linea primitiva e che probabilmente rappresenta un blastoporo, le cellule ectodermiche diventino più alte, determinando così una lunga striscia ispessita la quale forma la *placca neurale* (1). Non sappiamo se l'ispessimento ectodermico cominci in un determinato punto dell'area embrionale o se avvenga contemporaneamente per una estensione più o meno vasta; è certo però che ancora prima della comparsa delle protovertebre la placca nervosa occupa i quattro quinti anteriori dell'area embrionale (fig. 49) e si è depressa nella linea mediana, formando così un solco, *solco neurale* (2), alquanto slargato presso l'estremità anteriore (embrione umano, ancora privo di protovertebre rappresentato nella fig. 49). Il solco neurale termina in dietro in corrispondenza di un condotto formatosi indipendentemente da esso, che attraverso all'area embrionale conduce nella cavità vitellina; è il *condotto neurenterico* (fig. 49, c).

Doccia neurale — Col progredire dello sviluppo il solco neurale diventa più profondo e si trasforma così nella *doccia neurale* (fig. 50, c) e poichè l'area embrionale seguita a crescere in

(1) Gli Autori la denominano *midollare*, ma questa è una locuzione impropria perchè da quella placca origina non la sola midolla spinale, ma tutto il sistema nervoso centrale (Sterzi, 1907).

(2) Vedi la nota precedente.

lunghezza al davanti del condotto neurenterico, anche la doccia neurale va gradatamente allungandosi; la sua estremità posteriore continua a trovarsi subito al davanti del poro neurenterico e l'anteriore è incurvata nel piano sagittale per adattarsi alla sporgenza cefalica dell'area embrionale (fig. 50). Le labbra della doccia non sono uguali in tutta la sua lunghezza; nell'estremo cefalico sono più alte che nel resto, tumide e largamente estroflesse, e mostrano due sporgenze trasversali, più manifeste vicino al fondo della doccia, una anteriore più ampia che forma il *prosencefalo* (1) (fig. 50, *a*), una media assai circoscritta o *mesencefalo* (*g*), ed una posteriore, allungata ed in continuazione col resto della doccia neurale, che è il *rombencefalo* (*f*). Così la doccia neurale presenta già a questo momento (embrioni umani con 5-7 segmenti primitivi, della età di circa 10 giorni dalla fecondazione) una divisione in un tratto anteriore, che corrisponde circa alla metà della lunghezza totale della doccia e che è l'*abbozzo dell'encefalo*, suddiviso in quello delle tre suddette vescicole, ed in un tratto posteriore, che forma l'*abbozzo della midolla spinale*; da questi due abbozzi origina il sistema nervoso centrale. Sebbene manchino precise notizie intorno alla minuta



Fig. 49. — Embrione umano lungo 2 mm., veduto dalla faccia posteriore (secondo lo Spee). — *a*, embrione; *b*, linea primitiva; *c*, condotto neurenterico; *d*, solco neurale; *e*, amnio; *f*, estremità cefalica dell'embrion; *g*, sacco vitellino.

(1) Le denominazioni *prosencephalon* e *mesencephalon* furono introdotte dal Huxley (1864), il nome *rombencephalon* è di W. His (1893). Le prime due denominazioni sono basate sulla posizione dei segmenti encefalici che esse designano: la terza è invece tratta dalla denominazione *cerebrum rhomboidale*

struttura delle cellule che formano la doccia neurale dell'embrione umano negli stadi ora ricordati, si può tuttavia ritenere che siano ancora simili a quelle del rimanente ectoderma, col quale si continuano senza netta delimitazione (fig. 51); e si può ammetterlo per le conoscenze che abbiamo intorno alla minuta struttura delle cellule della doccia neurale in altri mammiferi.

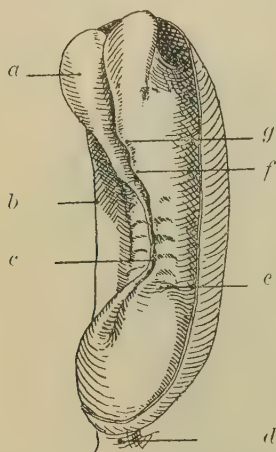


Fig. 50 — Embrione umano con 7 protovertebre veduto dal dorso (secondo il Dandy da Streeter). — *a*, prosencefalo; *b*, amnio; *c*, doccia neurale; *d*, peduncolo addominale; *e*, settima protovertebra; *f*, rombencefalo; *g*, mesencefalo.



Fig. 51 — Sezione trasversale dell'embrione umano rappresentato nella fig. 49 (dallo Spee). — *Ect.*, ectoderma costituente la doccia neurale; *Mes.*, mesoderma; *Ent.*, entoderma; *L. ch.*, lamina cordale.

Tubo neurale — Progredendo ancora nello sviluppo le labbra che limitano la doccia neurale si fanno sempre più sporgenti, si spingono l'una verso l'altra ed infine, continuando a crescere, si fondono lungo la linea mediana dorsale (fig. 52); così la doccia neurale si trasforma in un tubo, che chiameremo *tubo neurale* (1). La fusione comincia circa alla metà della lunghezza della doccia neurale, quindi nella parte craniale dell'abbozzo della midolla;

da questo punto il processo di fusione si estende tanto cranialmente che caudalmente, e con maggiore rapidità in quest'ultimo senso, cosicchè nell'embrione umano lungo mm. 2.11 (fig. 52) la fusione ha invaso quasi tutto il rombencefalo (*b*) e si è

che nel secolo XVIII serviva ad indicare la parte di encefalo contenente un ventricolo che chiamasi *quarto ventricolo* o *fossa romboidale* (*fovea rhomboidalis*).

Il vocabolo *prosencephalon* deriva dal greco *πρὸς*, *davanti*, ed *ὁ ἐγκέφαλος*, *l'encefalo*; la voce esatta sarebbe quindi *proencephalon*; la *s* dopo il prefisso venne aggiunta per facilitare la pronuncia (De Terra). La voce *mesencephalon* proviene dal greco *μεσος*, *nel mezzo*, ed *ὁ ἐγκέφαλος*, *l'encefalo*.

(1) Cfr. la nota a pag. 88.

estesa fino a breve distanza dal canale neurenterico (*e*). L'epitelio che costituisce le pareti della doccia neurale, nel mentre che si compiono le suddette modificazioni, si moltiplica per cariocinesi; e così si formano 5-6 strati di nuclei sovrapposti, contenuti in una massa citoplasmatica male differenziata in cellule distinte. Inoltre la proliferazione cellulare (che avviene sempre per cariocinesi dei nuclei situati verso la cavità della doccia neurale) si fa molto manifesta in corrispondenza delle cellule che costituiscono la zona di passaggio tra l'ectoderma e le labbra della doccia neurale e per essa si formano due lamine epiteliali, l'una destra e sinistra l'altra (fig. 53, A e B, *a*, *a*), le quali rimangono sulle labbra della doccia neurale; esse sono le *creste gangliari primitive* (1), dalle quali si formano i gangli spinali ed encefalici del sistema nervoso periferico. Quando le labbra neurali vengono a porsi in contatto per formare il condotto neurale (fig. 53, B), le creste gangliari si fondono l'una con l'altra e costituiscono dorsalmente al tubo neurale una sola massa cellulare (*a*); la parte superficiale di questa massa si differenzia in cellule epiteliali cubiche che si continuano con le cellule ectodermiche circostanti e così l'ectoderma viene a coprire il tubo neurale (fig. 53 C, *d*); la parte profonda invece (*o*), che rimane compresa tra la precedente ed il tubo neurale, seguita a crescere e costituisce le *creste gangliari definitive* (2) (fig. 53, *b*), dalle quali proverranno i gangli.

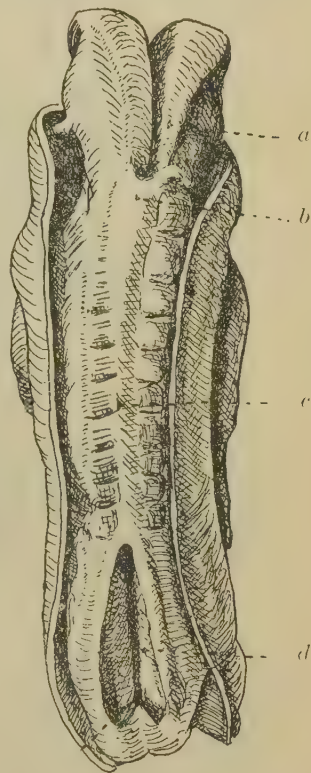


Fig. 52 — Embrione umano lungo mm. 2,11 veduto dalla faccia posteriore (secondo l'Eternod). — *a*, mesencefalo; *b* rombencefalo; *c*, midolla spinale; *d*, doccia neurale ancora aperta.

(1) Nei trattati sono chiamate semplicemente *creste gangliari*, perchè non è ancora noto che esse rappresentano un blastema dal quale derivano anche cellule ectodermiche.

(2) Vedi la nota precedente.

Neuropori — La chiusura della doccia neurale procede così rapidamente che negli embrioni umani lunghi poco più di 3 mm. essa è giunta molto vicina alle estremità della doccia stessa; allora la cavità del tubo neurale comunica con l'esterno (cioè con la cavità amniotica, nella quale l'embrione è immerso) per mezzo di due orifizi (fig. 54), uno anteriore (*a*) e l'altro posteriore

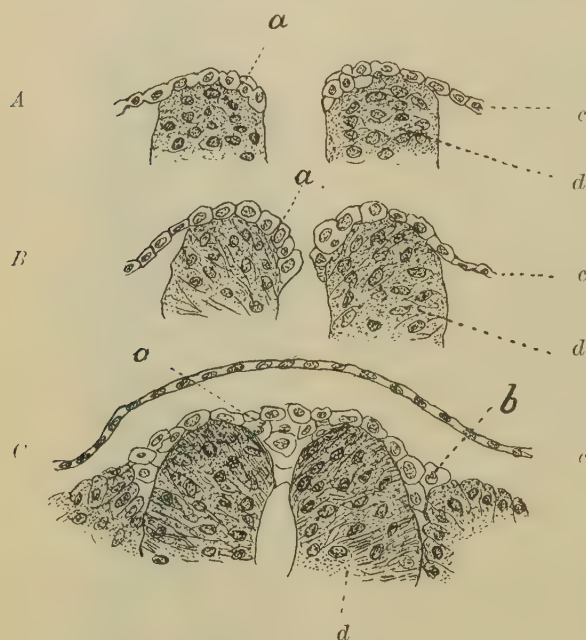


Fig. 53 — Tre sezioni trasversali dell'abbozzo neurale di un embrione umano lungo mm. 2,5 (secondo il Lenhossèk). — *A*, sezione in corrispondenza della doccia neurale; *B*, sezione in prossimità del tratto nel quale la doccia si chiude; *C*, sezione nel tratto in cui la doccia ha prodotto il tubo midollare; *a*, *a*, creste gangliari primitive; *b*, cresta gangliare definitiva; *c*, ectoderma; *d*, *d*, midolla spinale; *o*, massa di chiusura della doccia neurale.

rispondenza esiste e che, in fasi più avanzate, in seguito alle piegature dell'asse medesimo, altre regioni dell'encefalo possono corrispondere all'estremo anteriore di tale asse (G. Sterzi, 1907, 1912). Il neuroporo posteriore si estende al davanti del canale neurenterico (fig. 54, *c*) e solo con la estremità posteriore corrisponde al poro neurenterico.

I due neuropori finiscono per chiudersi anch'essi e prima l'anteriore (embrione umano con 23 segmenti primitivi), poi il

(*b*), i quali rappresentano le due ultime parti in cui le labbra della doccia neurale non sono ancora chiuse; tali orifici sono chiamati *neuropori*, e si distinguono coi nomi di *neuroporo anteriore* e di *neuroporo posteriore*; il primo è un vero orificio circolare, il secondo appare come una fessura longitudinale. Vi è discussione se il neuroporo anteriore corrisponda all'estremità anteriore dell'asse neurale; certo che nelle prime fasi di sviluppo dei ciclostomi e dei selaci questa cor-

posteriore (embrione con 30 segmenti primitivi); il processo di chiusura è uguale a quello che ha trasformato il resto della doccia neurale in tubo neurale. La chiusura del neuroporo posteriore si compie in modo che l'orifizio del condotto neurenterico viene ad essere circoscritto dal labbro neurale e così il con

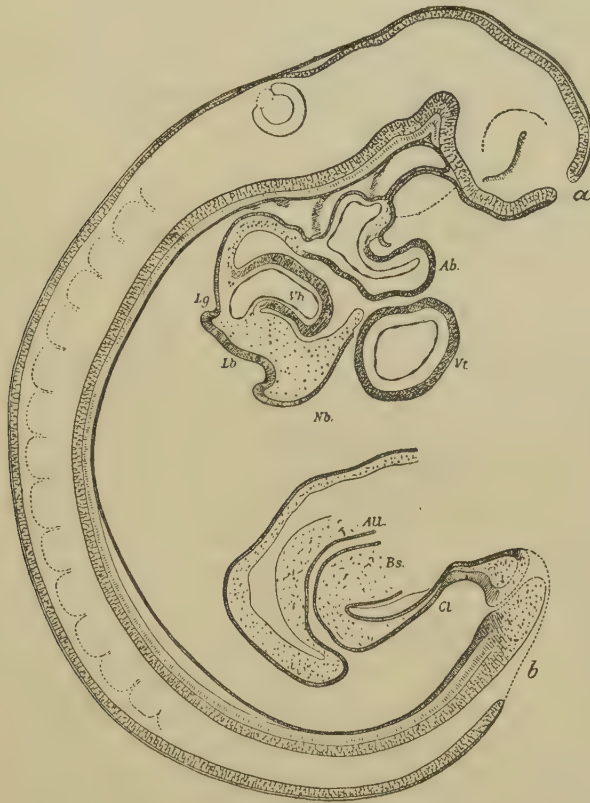


Fig. 54 — Sezione sagittale mediana di un embrione umano lungo mm. 3,2 (sec. il His). — *a*, neuroporo anteriore; *b*, neuroporo posteriore; *c*, condotto neurenterico; *Ab*, tronco arterioso; *All*, condotto allantoideo; *Bs*, peduncolo addominale; *Cl*, cloaca; *Lb*, abbozzo del fegato; *Lg*, abbozzo polmonale; *Nb*, peduncolo vitellino; *Vh*, orecchietta cardiaca; *Vt*, ventricolo cardiaco.

dotto si apre nell'interno del canale neurale; il condotto neurenterico è allora la via di comunicazione tra il lume del condotto neurale e quello dell'intestino primitivo, sviluppatosi dall'entoderma. Però anche il condotto neurenterico ben tosto si chiude (il Mall, 1897, lo ha trovato chiuso già in un embrione umano

lungo mm. 2.1) perchè il suo lume viene oblitterato dalle cellule proliferanti dalle pareti, ed allora il tubo neurale è completamente chiuso ed è differenziato in un segmento anteriore, più ampio e suddiviso in 3 dilatazioni che corrispondono a quelle della doccia neurale (cfr. a pg. 89), e costituisce l'*abbozzo encefalico* ed in un segmento posteriore, quasi cilindrico, che forma l'*abbozzo midollare*. Dall'epitelio che vedemmo costituire le pareti della doccia neurale e che si è già differenziato quando la doccia si è mutata in tubo, provengono il tessuto nervoso ed il tessuto gliale.

Neurosincizio — L'epitelio della piastra neurale è formato da un semplice strato di cellule prismatiche, ma quando la piastra si infossa per divenire doccia, allora tra le cellule prismatiche ve ne sono di sferoidali, con nucleo più grosso di quello delle precedenti e ricco di cromatina (fig. 55, *g*); queste cellule si mo-



Fig 55 - Parete della doccia neurale di un embrione di coniglio: Ingr. — 920 D. (sec. il His) - *a*, cellule epiteliali; *g*, cellula germinativa; *m*, zona periferica dell'epitelio.

strano sempre in una fase cariocinetica e per la loro moltiplicazione si costituiscono nuovi elementi che servono ad ingrandire le pareti della doccia neurale ed anche a renderle più spesse. Il His, che per primo osservò le suddette cellule sferoidali, le chiamò *germinali* e le considerò come elementi diversi da quelli che conservano la forma prismatica; infatti dalle prime egli credette che derivassero i neuroblasti, cioè gli elementi che precedono le cellule nervose, e dalle seconde gli spongioblasti, cioè gli elementi precursori della nevroglia, insieme alle cellule ependimali. Però indagini successive hanno dimostrato che tutte le cellule prismatiche della doccia neurale danno origine a cellule germinali o che in altre parole *le cellule germinali non sono altro che cellule prismatiche in fase cariocinetica* (Sterzi, 1912).

Per il ripetersi delle cariocinesi le pareti della doccia neurale diventano più spesse, cioè costituite da tre o da quattro strati di nuclei formati tutti a spese delle cellule germinali (fig. 56); queste si trovano sempre verso la cavità della doccia neurale e poichè i nuclei che si vanno neoformando spingono verso l'esterno quelli che si sono prodotti prima, ne risulta che attra-

versando le pareti della doccia neurale dall'interno verso la superficie si incontrano nuclei sempre più vecchi (Sterzi, 1912). Nel mentre avvengono queste modificazioni si nota che sono scomparsi i limiti tra le cellule che tappezzano la cavità della doccia neurale (fig. 56) e che i nuclei neoformati sono immersi in una massa di citoplasma indifferente; per conseguenza a questo momento le pareti della doccia neurale sono costituite da un *neurosincizio* (Sterzi, 1912).

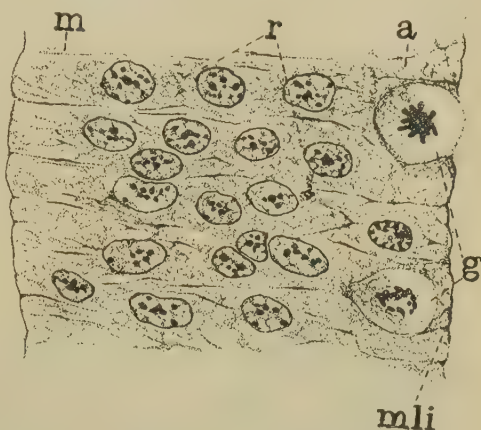


Fig. 56 — Neurosincizio (sezione trasversale del tubo neurale di un embrione di maiale lungo 5 mm. sec. il Hardesty — Ingrand. = 920 D. — *a*, zona interna della parete neurale con le cellule germinative *g* e con la membrana limitante interna *mli*; *r*, citoplasma neurosinciziale con disposizione raggiata; *m*, zona esterna della parete neurale.

Vacuolizzazione del neurosincizio

Quando la doccia neurale si chiude per formare il tubo neurale, i nuclei del neurosincizio sono aumentati, le cellule germinali seguitano a trovarsi verso il lume del canale neurale ed il citoplasma neurosinciziale è leggermente inspessito tanto all'esterno come all'interno delle pareti del tubo; questo inspessimento, vero ectoplasma neurale, costituisce la *membrana limitante interna* e la *membrana limitante esterna* del neurosincizio (1) (fig. 56 e 57).

Ben tosto nel citoplasma neurosinciziale si verifica un processo di vacuolizzazione (fig. 57), per cui esso perde l'aspetto omogeneo che aveva negli stadi precedenti; questo processo è già bene manifesto negli embrioni umani di circa 2 settimane (His). Nella zona media delle pareti del tubo neurale (fig. 57, *r*) il processo di vacuolizzazione avviene in modo che si costituiscono delle strisce di citoplasma compatto (*colonne citoplasmatiche radiali* del Hardesty), disposte radialmente al lume del tubo neurale e contenenti parecchi nuclei neurosinciziali (fig. 57);

(1) Queste membrane neurosinciziali non vanno confuse con le membrane limitanti dal tessuto nervoso e del tessuto gliale, delle quali facemmo menzione nel Capitolo precedente (cfr. a pag. 73 e 78).

esse sono riunite l'una all'altra per mezzo di un fitto reticolo citoplasmatico tra le cui maglie si trovano i vacuoli. Nuclei si osservano anche tra le colonne. La zona, che ha questa struttura, occupa circa i $\frac{3}{4}$ dello spessore delle pareti neurali ed ha il nome di *strato del mantello*. Tra questa zona ed il lume del tubo neurale rimane uno strato nel quale il citoplasma neurosinciziale si mantiene più compatto (fig. 57, *a*) e nel quale in mezzo a nuclei in riposo si osservano cellule germinative (*g*), che non sono poi altro che nuclei sinciziali in processo cariocinetico e circondate da un'area citoplasmatica chiara e

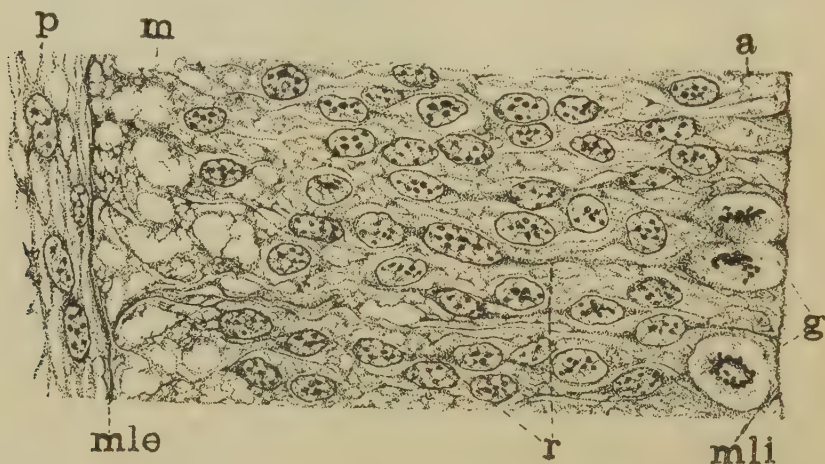


Fig. 57 — Vacuolizzazione del neurosincizio (sezione trasversale del tubo midollare di un embrione di maiale lungo 7 mm. sec. il Hardesty). Ingrand. = 920 D. — *a*, strato interno dello abbozzo midollare con le cellule germinative *g* e con la membrana limitante interna *mli*; *r*, colonne citoplasmatiche radiali; *m*, strato del mantello; *mle*, membrana limitante esterna; *p*, mesenchima perimidollare.

quindi bene limitata dal resto del citoplasma sinciziale; lo chiameremo per ciò *strato germinativo* (1) (fig. 57). Verso la periferia del tubo neurale il processo di vacuolizzazione è straordinariamente manifesto; i vacuoli sono ampi, irregolari ed il citoplasma neurosinciziale non possiede tra essi che rari nuclei (fig. 57, *m*); lo strato che così si produce ha il nome di *strato marginale*. La vacuolizzazione del tubo neurale comincia dalla periferia e gradatamente si spinge verso lo strato germinativo.

(1) Impropriamente chiamato dagli autori *strato ependimale*; infatti le cellule ependimali definitive derivano non solo da esso, ma anche dalla parte interna dello strato del mantello.

Differenziamento dei nuclei del neurosincizio Lo strato del mantello aumenta continuamente di spessore per le successive cariocinesi dello strato germinativo ed esso per un certo periodo di tempo è formato dalle colonne citoplasmatiche radiali contenenti molti nuclei simili (fig. 57); alcuni di essi si osservano anche tra le colonne. A tutti questi nuclei, tanto a quelli contenuti nelle colonne come a quelli interposti, daremo il nome di *nuclei indifferenti* (*glioneurociti* del Held). Appena che l'abbozzo del sistema nervoso comincia a mostrare bene manifesta la divisione nei vari segmenti encefalici, le cariocinesi dello strato germinativo diventano rare e finalmente cessano del tutto; per conseguenza da questo momento in poi non vi sono più cellule germinative. I nuclei del neurosincizio seguitano però ad aumentare di numero, e ciò per moltiplicazione diretta; questa non si verifica più solo in una zona limitata del nevrasse, come accadeva per le cariocinesi, ma in tutto lo spessore delle pareti neurali; attorno ai nuclei sinciziali che stanno moltiplicandosi, il citoplasma non mostra modificazioni di struttura.

Prima ancora che scompaiano le cariocinesi nelle pareti neurali, i nuclei indifferenti cominciano a mostrare delle differenze nella loro struttura, per le quali si possono dividere in *nuclei neuroblastici* ed in *nuclei glioblastici*; lo schema rappresentato nella fig. 58 indica le fasi per le quali dalle cellule germinative si passa a questi nuclei differenziati. I nuclei neuroblastici sono quelli delle future cellule nervose, i nuclei glioblastici diventeranno i nuclei delle cellule dell'ependima. Adunque potremo

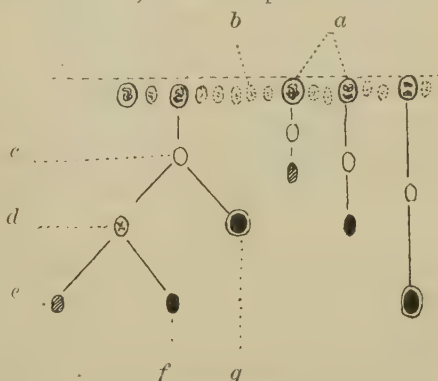


Fig. 58 — Differenziamento dei nuclei neurosinciziali (Schema). — *a*, nuclei neurosinciziali in riposo; *b*, cellule germinative; *c*, nuclei indifferenti; *d*, nuclei glioblastici; *e*, nuclei di cellule ependimali; *f*, nuclei di cellule gliali; *g*, nuclei neuroblastici.

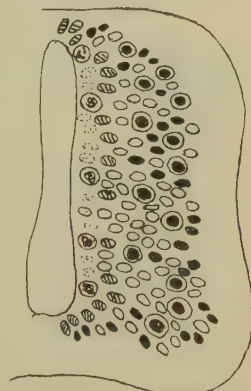


Fig. 59 — Spostamento dei nuclei provenienti dal neurosincizio durante il loro sviluppo (Schema). — Per la spiegazione si confronti con la figura precedente.

concludere che il tessuto nervoso ed il tessuto gliale definitivi provengono da un medesimo blastema, cioè dal neurosincizio contenente i nuclei glioneurocitici o nuclei indifferenti. Nella zona più interna del neurosincizio, cioè in quella più vicina alla cavità neurale, si differenziano in prevalenza nuclei glioblastici; nella zona più esterna si formano invece nuclei glioblastici e nuclei neuroblastici (fig. 59). Il differenziamento non avviene contemporaneamente in tutti i nuclei neurosinciziali; per ciò in una medesima sezione si osservano mescolati insieme cellule generative e nuclei indifferenti, neuroblastici e glioblastici (fig. 59); il differenziamento procede dalla parte periferica alla parte centrale del tubo neurale (Sterzi, 1912).

Neuroblasti — I nuclei indifferenti che diventano nuclei neuroblastici sono quelli situati tra le colonne citoplasmatiche radiali del Hardesty (cfr. a pag. 95); però anche alcuni nuclei delle colonne, per il frammentarsi di queste in seguito al processo di vacuolizzazione più volte ricordato, possono diventare nuclei neuroblastici. Essi si distinguono dagli altri perchè aumentano di volume mentre diventa meno fitto il loro reticolo cromatico e perchè nel citoplasma circostante compaiono le neurofibrille. Tale citoplasma costituisce uno strato continuo attorno al nucleo



Fig. 60 — Neuroblasti¹² (in ¹²embrioni di anitra al 3° giorno d'incubazione, sec. il Held). — A, neuroblasto dell'abbozzo del ganglio del nervo trigemino; B, neuroblasto del tubo midollare.

ed il processo di vacuolizzazione lo separa dal resto del citoplasma neurosinciziale; però numerosi ponti citoplasmatici lamellari, interposti tra i vacuoli, continuano a mantenerlo in connessione con esso. Considerata nel suo insieme, la massa citoplasma-

tica perinucleare è di forma sferoidale se il nucleo neuroblastico era interposto tra le colonne citoplasmatiche radiali del Hardesty; è invece fusiforme, con un prolungamento centrale volto verso il canale ependimale ed un prolungamento periferico, se il nucleo neuroblastico apparteneva ad una delle colonne suddette; però, anche in tal caso i prolungamenti si riducono rapidamente ed il citoplasma perinucleare finisce per formare sempre un accumulo sferoidale. In questo molto precocemente compaiono le neurofibrille (alla 50ª ora d'incubazione negli embrioni di pollo: Ramon

y Cajal); esse formano un reticolo irregolare, situato ad uno dei lati del nucleo (fig. 60), evidentemente prodotto da modificazioni chimiche insorte nel citoplasma perinucleare. Nella zona fibrillogena il Held (1909) ha riscontrato due chiari centrosomi, posti l'uno accanto all'altro (diplosomi), talvolta circondati da una sfera di attrazione; può darsi che siano in rapporto con la comparsa delle neurofibrille. Il loro reticolo è più o meno manifesto e talvolta si riduce ad una sola maglia; in qualche cellula invece del reticolo si nota un accumulo solido di sostanza che si colora come le neurofibrille. Ogni nucleo neuroblastico con l'alone citoplasmatico che lo circonda e che contiene il predetto reticolo neurofibrillare costituisce un *neuroblasto* (Sterzi, 1912).

Glioblasti — I nuclei glioblastici si differenziano dai nuclei indifferenti dello strato del mantello perchè sono piccoli, sferici e ricchi di cromatina; si trovano nelle colonne citoplasmatiche radiali (fig. 57), le quali già prima del differenziamento dei nuclei



Fig. 61 — Sviluppo del neurosincizio (sezione trasversale del tubo neurale di embrione di maiale lungo 10 mm, sec. il Hardesty). Ingr = 920 D. — a, mli, g, r, mle, m, p, come nella fig. 57; b, strato nucleare al limite interno dello strato del mantello m.

indifferenti in nuclei neuroblastici ed in nuclei glioblastici sono diventate sempre più sottili in seguito all'aumento del processo di vacuolizzazione tra esse (fig. 61). Le colonne si dividono più tardi longitudinalmente in tanti segmenti quanti sono i nuclei ch'esse contengono ed ogni segmento diventa così una cellula; i segmenti di colonne che fanno parte dello strato germinativo danno in tal guisa origine alle *cellule endimali*, i segmenti dello strato del mantello ai *glioblasti*, cioè agli elementi embrionali da cui deriveranno le cellule della nevroglia. Come adunque vedesi, le cellule endimali e le cellule della nevroglia

provengono da un medesimo blastema, cioè dai nuclei glioblastici del neurosincizio primitivo.

A questo momento dello sviluppo (che è molto chiaro in embrioni di pecora lunghi 15-20 mm.) i glioblasti conservano ancora l'aspetto sinciziale, perchè, sebbene le colonne citoplasmatiche si siano già frammentate, si continuano l'uno con l'altro per mezzo del reticolo citoplasmatico prodottosi dalla vacuolizzazione del neurosincizio primitivo; e così sono congiunti tra loro non solo i glioblasti derivanti dalla medesima colonna citoplasmatica, ma anche i glioblasti di una colonna con quelli delle colonne vicine. I neuroblasti finiscono invece per perdere ogni rapporto col reticolo citoplasmatico suddetto, e meglio lo vedremo nel prossimo paragrafo; è solo molto tardi che essi, col crescere delle neurofibrille attraverso alle maglie del reticolo glioblastico si pongono in rapporto coi prolungamenti o coi corpi di altri neuroblasti.

Vediamo allora per quali modificazioni i neuroblasti diventano cellule nervose ed i glioblasti si trasformano in cellule gliali od in cellule endoteliali.

§ 1

Sviluppo del tessuto nervoso

Abbiamo veduto che i neuroblasti provengono dal neurosincizio primitivo, perchè attorno a speciali nuclei neurosinciziali, che prendono particolari caratteri, il processo di vacuolizzazione isola dal resto una massa di citoplasma, nella quale compaiono le prime neurofibrille. Esaminiamo ora quali modificazioni subisca ulteriormente il neuroblasto nella forma e nella struttura per acquistare le particolarità che lo trasformano in cellula nervosa.

Morfogenesi del neuroblasto — Mentre al principio del differenziamento dal neurosincizio il neuroblasto è sferoidale, come abbiamo sopra indicato, ben tosto diventa piriforme, perchè in un punto della sua superficie compare una protuberanza conica che rapidamente cresce e si allunga in un prolungamento, cioè nel *neurite*; il neuroblasto passa quindi dallo stadio di *neuroblasto apolare* nello stadio di *neuroblasto unipolare*. Nel mentre che avviene questa modificazione nella forma, il contorno del neu-

roblasto si separa sempre più nettamente dal neurosincizio circostante per il progredire del processo di vacuolizzazione più volte ricordato, e solo poche spine citoplasmatiche lo fanno ancora comunicare con esso. Non si può asserire se le spine citoplasmatiche interposte tra i vacuoli formino le vie lungo le quali crescono i neuriti.

Il *neuroblasto unipolare* (fig. 62) comincia ad avere quindi anche nella forma uno tra i caratteri fondamentali della cellula nervosa, quello cioè di essere munito di un prolungamento. I prolungamenti di vari neuroblasti vicini tendono a riunirsi in fasci ed a fondersi insieme formando dei prolungamenti più grossi (fig. 62); però durante lo sviluppo ulteriore questi ultimi si dividono longitudinalmente in prolungamenti secondari, così che il neurite di ogni neuroblasto diventa indipendente lungo tutto il suo cammino. I neuriti fin dalla loro comparsa assumono particolari direzioni, le quali formano i primi accenni alle loro complicate disposizioni definitive.

Ben tosto il neuroblasto unipolare si trasforma in *neuroblasto bipolare* od in *neuroblasto multipolare* per la comparsa di uno o più prolungamenti che si dipartono dalla sua superficie e che forse sono da riguardare come spine citoplasmatiche fortemente ingrandite. Sembra che più spesso si formi un solo prolungamento al polo opposto di quello dal quale origina il neurite e che quindi la forma più frequente del neuroblasto in questo stadio dello sviluppo sia la oppositopolare; in tal caso il nucleo si può trovare esattamente lungo l'asse dei due prolungamenti oppure può essere situato lateralmente ad esso. Il prolungamento od i prolungamenti che si formano dopo il neurite, sono dendriti. Alla forma bipolare può succedere la forma multipolare perchè dopo il primo dendrite oppositopolare, se ne formano altri con direzione radiata; ed ugualmente i neuroblasti multipolari, che da principio presentano due o tre soli dendriti, in seguito ne mostrano un numero sempre maggiore per la com-



Fig. 62 — Neuroblasti unipolari (secondo lo Streeter): embrione umano di un mese.

parsa di nuovi prolungamenti alla loro superficie. I prolungamenti dendritici che si formano per primi sono quelli che hanno maggiori dimensioni nella cellula nervosa adulta.

Tutti i prolungamenti della cellula nervosa si devono adunque riguardare come emanazioni del corpo cellulare. Questa concezione ha incontrato però forti opposizioni, ed anche oggi vi sono autori che ritengono i cilindrassi delle fibre nervose (i quali non sono poi altro che neuriti: cfr. a pg. 47) come prodotti indipendenti dal corpo cellulare secondariamente riuniti ad esso; così ad esempio molti ammettono che i cilindrassi siano formati da catene di neuroblasti oppositopolari, nelle quali sono scomparsi i nuclei ed il citoplasma delle varie cellule si è fuso in un solo cilindrasse. Però le belle ricerche sperimentali del Harrison tolgono ogni dubbio in proposito; questo autore ha infatti asportato la metà dorsale del tubo midollare di giovanissimi embrioni di rana insieme alla relativa striscia gangliare ed ha osservato dalla metà ventrale del tubo predetto originare allora neuriti motori, che si sviluppano dalla midolla spinale ai muscoli nei quali si distribuiscono, mantenendosi privi per tutto il loro decorso di guaina mielinica e di nevrilemma, e non presentano quindi lungo il loro cammino neppure traccia di nuclei che possano far pensare alla esistenza di catene cellulari. Se a questi risultati aggiungiamo poi quelli dello Harrison stesso che osservò lo sviluppo dei prolungamenti nei neuroblasti della rana isolati dal corpo embrionale e mantenuti in vita nella linfa, quelli classici del Carrel e del Burrows che coltivarono in speciale liquido plasmatico artificiale dei frammenti di gangli spinali, quelli del Shorey che esaminò lo sviluppo dei neuroblasti di *Necturus* pure isolati dal nevrasse e coltivati in vitro in un mezzo nutritivo artificiale (acqua, peptone, estratto di carne, cloruro di sodio e gelatina), ed infine i recentissimi risultati delle ricerche del Marinesco e del Minea (fig. 63) che coltivarono frammenti di gangli spinali di gatto e di coniglio nel liquido di Ringer-Carrel sterilizzato, risultati tutti concordi nel dimostrare che i neuroblasti emettono un prolungamento il quale a grado a grado si allunga fino a diventare un neurite (cioè il cilindrasse di una fibra sprovvista di guaine), dovremo ritenere ormai dimostrato che *i prolungamenti sono emanazioni del neuroblasto*. Alla stessa conclusione giungono poi le ormai numerose indagini sulla neoformazione dei neuriti e dei dendriti nelle cellule dei gangli spi-

nali trapiantati in varie parti dell'organismo vivente (Nageotte, Marinesco e Minea, Rossi, Cajal) e le ricerche del Braus, le quali hanno stabilito che, interrompendo la continuità tra il corpo del neuroblasto ed il suo prolungamento neuritico, questo degenera e scompare.

Sviluppo dei nuclei neuroblastici — I nuclei neuroblastici si distinguono per ricchezza di cromatina. Questa però si riduce gradatamente e si raccoglie in granuli, disposti alla peri-

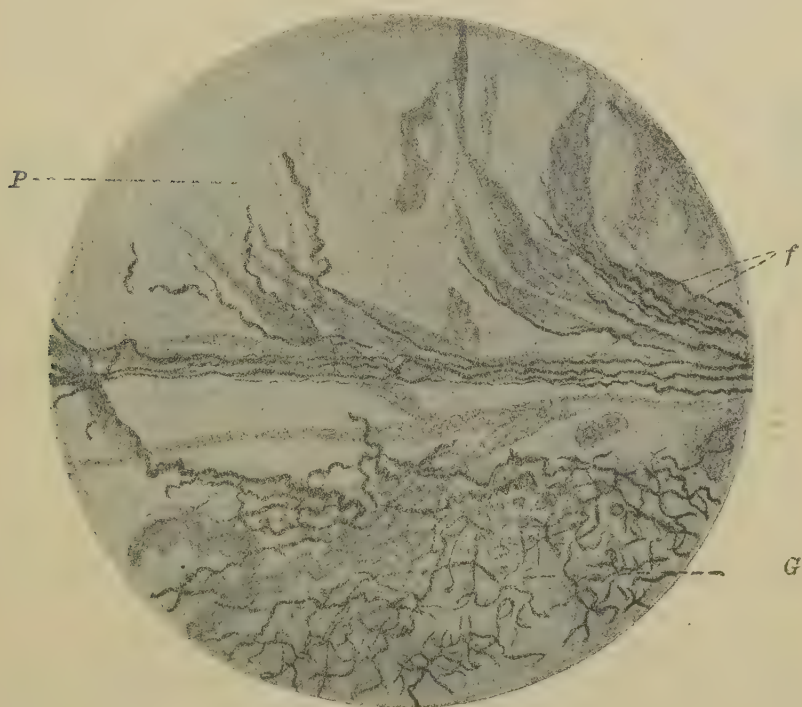


Fig. 63 — Cultura di ganglio di gatto neonato fatta da 6 giorni (secondo il Marinesco ed il Minea). — *G*, ganglio; *P*, mezzo culturale; *f*, fibre nervose neoformate che dal ganglio penetrano nel mezzo di cultura.

feria del nucleo. Il nucleolo si costituisce per la fusione di parecchi granuli; la parte centrale della massa così formatasi, in seguito viene a perdere le proprietà chimiche della cromatina e perciò non è più colorabile con le sostanze che hanno affinità per essa (Mühlmann).

Sviluppo dei neurosomi — Si trovano già nelle cellule della placca midollare (Levi in embrioni di pollo di 20 ore di incubazione), come bastoncini disposti parallelamente all'asse della cellula; in seguito aumentano di numero e di spessore e talvolta si presentano in forma di piccoli anelli.

Negli elementi del tubo midollare sono molto numerosi e quelli dei neuroblasti sono corti, sottili, disposti irregolarmente nel corpo cellulare e formanti serie longitudinali nei prolungamenti; negli spongioblasti appaiono invece più grossi ed allungati (Levi).

Sviluppo delle neurofibrille — Abbiamo già veduto che le neurofibrille cominciano a comparire nel neuroblasto prestissimo (alla 50.a ora di covatura nel pollo), quando questo è ancora apolare; le neurofibrille sono adunque il primo elemento specifico che si forma nella cellula nervosa.

Non è ancora ben nota la parte che prendono i neurosomi (mitocondri) nello sviluppo delle neurofibrille. Nelle cellule nervose degli embrioni di pollo i neurosomi si addensano ad uno dei poli del nucleo, cioè là ove i metodi neurofibrillari dimostrano che cominciano a comparire le neurofibrille (Hoven) ed a misura che si accresce il reticolo neurofibrillare i neurosomi diminuiscono di numero; per questi fatti si ritiene da alcuni (Meves, Duesberg, Hoven) che i neurosomi siano i precursori delle neurofibrille. Però si può obiettare che i neurosomi si conservano anche nell'adulto e non costituiscono mai delle reti (a differenza dei plastosomi di altre cellule); per ciò altri autori (Levi, Marcora) negano recisamente che i neurosomi prendano parte alcuna allo sviluppo delle neurofibrille.

Il passaggio del neuroblasto dalla forma apolare alla unipolare è dovuto al fatto che il reticolo neurofibrillare, pur essendo ancora limitato ad uno dei lati del nucleo (fig. 64), si continua in un ciuffo di fibrille longitudinali, le quali verso la periferia convergono come la punta di un pennello e formano così il neurite primitivo, che si allunga insinuandosi tra gli elementi circostanti in quanto si allungano le neurofibrille che lo compongono. Riguardo alla crescita in lunghezza delle neurofibrille è dubbio se essa avvenga nel corpo cellulare oppure in tutta l'estensione della neurofibrilla o solo alla sua estremità terminale per apposizione continua di nuova sostanza specifica, forse do-

vuta a modificazioni chimiche del plasma neurosinciziale circostante.

Il reticolo neurofibrillare cresce intanto entro al corpo cellulare; alcuni suoi filamenti circondano completamente il nucleo (fig. 64), il loro numero si moltiplica in seguito e così da ultimo il nucleo è da ogni lato rivestito dal reticolo. Quando ciò è avvenuto, in modo simile a quello che ha condotto alla formazione delle neurofibrille del neurite si producono le neurofibrille dei dendriti e, contemporaneamente ad esse, si formano i prolungamenti dendritici. Dovremo dunque concludere che la comparsa del neurite e dei dendriti è subordinata a quella delle loro neurofibrille.



Fig. 64 — Sviluppo delle neurofibrille nei neuroblasti unipolari (secondo il Held).

Le neurofibrille da principio sono poche e grosse in ogni prolungamento cellulare; il Held (1909) ritiene che il loro aumento numerico ed il loro assottigliamento che si osservano durante l'ulteriore sviluppo, siano dovuti alla divisione longitudinale delle neurofibrille primitive. Dal fascio neurofibrillare di ciascun prolungamento cellulare si formano diramazioni, che si possono dividere e suddividere più volte, ed esse diventano le diramazioni e le arborizzazioni dei dendriti e dei neuriti definitivi.

È dubbio se le neurofibrille si possano seguire ininterrotte da un neuroblasto all'altro (ad es. il Held lo sostiene, il Marcora lo nega).

Sviluppo della sostanza cromatica — Le ricerche di tutti gli autori che si sono occupati di questo argomento sono concordi nel constatare che le masse di sostanza cromatica cominciano a comparire dopo il terzo mese della vita intrauterina; prima di questa epoca il citoplasma del neuroblasto si colora uniformemente con le sostanze coloranti che hanno speciale affinità per le masse cromatiche della cellula adulta, come se la sostanza cromatica fosse uniformemente disciolta nel citoplasma. Dopo l'epoca suddetta alla periferia del corpo cellulare incominciano ad osservarsi dei piccoli granuli cromatici, mentre la parte centrale del citoplasma conserva i caratteri che mostrava nello stadio precedente. In seguito i granuli aumentano di volume ed all'interno dei primi se ne formano di nuovi, di guisa che a poco a poco essi finiscono per invadere tutto il corpo cellulare. A misura che compaiono i granuli, il citoplasma perde l'affinità per le sostanze coloranti, come se la sostanza cromatica, prima diffusa in esso, si raccogliesse nelle masse cromatiche definitive.

Riguardo alla genesi della sostanza cromatica, vari autori (Scott, Bethe, ecc.) ritengono che essa sia cromatina nucleare la quale attraverso la membrana del nucleo si sia diffusa nel citoplasma, ove subisce speciali modificazioni chimiche che la trasformano nella sostanza cromatica definitiva.

Sviluppo dell'apparecchio reticolare interno — Il Golgi (1900) aveva osservato che questo apparecchio si trova già nelle cellule nervose del feto, in forma « di un corto filo, con poche propaggini laterali più o meno contorte e terminanti in un rigonfiamento ». Le ricerche più recenti (Besta, Marcora) dimostrano che tale apparato comincia a comparire poco dopo la chiusura della doccia neurale ed è riconoscibile perfino nelle cellule germinative, che come sappiamo (cfr. a pg. 94), costituiscono l'elemento indifferenziato dell'abbozzo nervoso. In queste cellule l'apparecchio reticolare è un reticolo fibrillare posto in vicinanza del nucleo, ed, a quanto sembra, ha speciali rapporti con la membrana nucleare (Marcora). Nei neuroblasti unipolari e bipolari il reticolo si espande in tutto il citoplasma del corpo cellulare ed è rispettivamente piriforme o fusiforme addentrandosi per breve tratto nei prolungamenti neuroblastici.

Lo sviluppo dimostra l'assoluta indipendenza dei neurosomi

da questo apparecchio; i neurosomi non danno origine all'apparecchio del Golgi (contrariamente quindi all'opinione del Meves, il quale ritiene che esso derivi da un differenziamento paraplastico dei neurosomi).

Sviluppo delle sostanze grasse — I grassi nello stretto senso cominciano a comparire nel bambino come scarse goccioline contenute nella zona periferica del citoplasma; data la loro piccolezza non è facile porle in evidenza.

I lipoidi pare che si formino abbastanza precocemente (in embrioni di maiale lunghi 9 cm.: Luna). Cominciano a comparire nel nucleolo ed i lipoidi nucleolari si chiamano *lipoidosomi*; poi si formano nel citoplasma (Mühlmann). Non è certo che i lipoidosomi siano uguali ai lipoidi del citoplasma; i primi sono infatti transitori, nell'uomo scompaiono al finire della giovinezza e danno origine a dei vacuolini (Mühlmann). I granuli lipoidi del citoplasma cominciano a formarsi subito attorno al nucleo come una incrostazione della membrana nucleare (Luna); questa incrostazione più tardi si risolve in granuli od in bastoncini.

Sviluppo dei pigmenti — Intorno a questo argomento si hanno poche notizie.

Il lipocromo non si trova mai nella vita fetale (Eichhorst, Vignal); comincia a comparire solo verso l'ottavo od il nono anno nelle cellule della midolla spinale (Marinesco) e nei neonati, ma in scarse tracce, nelle cellule piramidali della corteccia cerebrale.

Il pigmento melaninico nella sostanza nera compare pure dopo la nascita (Calligaris; da principio esso ha affinità chimiche simili a quelle del lipocromo, e per ciò qualche autore (Mühlmann) lo dichiara apertamente come tale. Si osservano notevoli variazioni individuali rispetto all'epoca della sua comparsa; talvolta lo si riscontra in bambini di un mese, tal altra di 9-10 mesi.

Sviluppo delle fibre nervose — Le fibre nervose del sistema nervoso centrale si sviluppano dai neuriti delle cellule nervose. Questi si allungano gradatamente, insinuandosi in seno al reticolo che risulta dalla vacuolizzazione del neurosincizio primitivo, favorite nel loro cammino dalla presenza dei vacuoli neurosinciziali.

L'estremità terminale dei neuriti in via di accrescimento è allargata a guisa di bottone o di lamina (fig. 65); le neurofibrille che formano la parte principale del neurite, si estendono fino in corrispondenza di tali dilatazioni, le quali sono prodotte da speciali accumuli citoplasmatici. Secondo le ricerche del Harrison (1907) queste estremità sono dotate di movimenti ameboidi, che favoriscono il progresso del neurite.

Fin dalla loro prima comparsa i neuriti tendono a riunirsi in fasci che mostrano già determinate direzioni; e se parecchi



Fig. 65 — Neuroblasti con le estremità terminali (A, B) dei prolungamenti neuritici dilatate (secondo il Cajal). — a, dendrite; b, nucleo neuroblastico.

di essi decorrono nella zona interna dell'abbozzo del sistema nervoso centrale, la maggior parte però decorre nella parte periferica di tale abbozzo; così l'abbozzo del nevrasso presenta una *zona marginale*, nella quale predominano i neuriti, che è l'abbozzo della sostanza bianca (fig. 66), ed una *zona centrale* (d), formata in prevalenza da neuroblasti, la quale costituisce l'abbozzo della sostanza grigia.

Molti neuriti devono allungarsi considerevolmente per raggiungere il loro sviluppo definitivo; ad es. vi sono neuriti delle cellule piramidali che si estendono dalla corteccia cerebrale alla 1^a vertebra lombare, per

una lunghezza di 70-80 cm. Questo fatto ha generato il sospetto che essi possano derivare da una catena di neuroni fusa in un solo elemento; però si tratta di una semplice ipotesi, che non ha alcuna base scientifica.

I neuriti diventano cilindrassi quando attorno ad essi incomincia la deposizione della mielina. Questa sostanza si forma secondariamente (verso il 4° mese della vita fetale), quando cioè il neurite si è già allontanato dal corpo cellulare; essa non compare nel medesimo tempo in tutto il sistema nervoso, ma in tempi diversi a seconda dei gruppi di neuriti che lo attraversano. Per conseguenza esaminando il nevrasso di feti e di neonati a

varia età si può seguire il decorso dei fasci neuritici distinguibili l'uno dall'altro per la presenza o per la mancanza di mielina ed a suo tempo vedremo come questo metodo (studio della mielinizzazione dei fasci) sia stato fecondo di importanti risultati per determinare il decorso delle vie del neurasse. La mielina si forma prima in quelle fibre nervose che devono funzionare per prime ed in quelle che prime compaiono nella serie dei vertebrati.

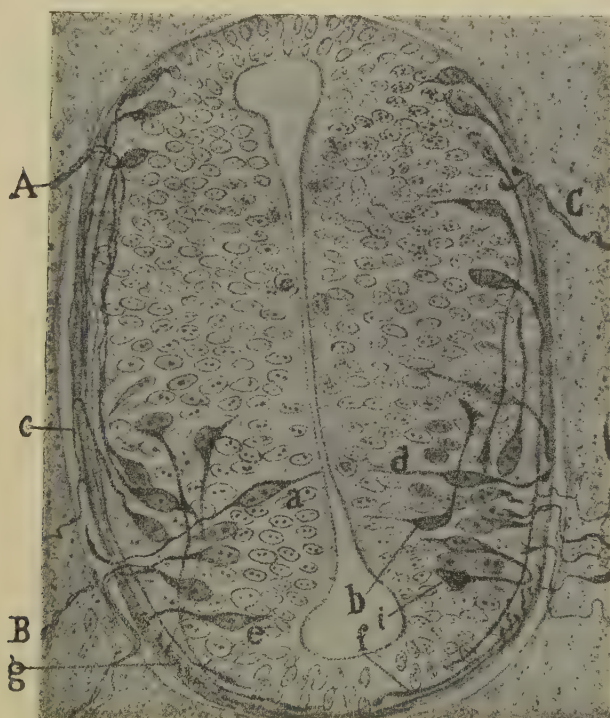


Fig. 66 — Sviluppo delle fibre nervose (sezione trasversale di midolla spinale di embrione di pollo alla 58^a ora, secondo il Cajal). — *a, b, c, d, e*, neuroblasti e neuriti; *f*, fibre commessurali; *g*, abbozzo dei cordoni anteriori; *A*, fibre motrici della radice posteriore; *B*, radice anteriore; *C*, fibre sensitive della radice posteriore con estremità dilatate.

La mielina si produce nelle trabecole citoplasmatiche che rappresentano il residuo del neurosincizio primitivo dopo il processo di vacuolizzazione (Civalleri, 1910); essa quindi deriva direttamente dagli elementi propri del tessuto nervoso e del tessuto gliale, e non da elementi di natura connettiva, penetrati

secondariamente entro agli abbozzi del nevrasse. Da principio si costituiscono numerosi granuli adiposi, diffusi nelle trabecole suddette; poi essi si raccolgono attorno ai neuriti e formano loro una guaina di grasso, la quale acquista più tardi i caratteri fisici e chimici della mielina, quando cioè le suddette trabecole elaborano un'altra sostanza granulare, il protagone, che si fonde con la sostanza adiposa suddetta (Civalleri). « Per rapporti molto intimi che le fibre nervose contraggono fin dall'inizio del loro sviluppo colle trabecole del velo marginale (cioè del neurosincizio), non si può escludere che anche il neuroplasma (cioè l'axolemma) della fibra pigli parte al processo della mielinizzazione; ma la sua compartecipazione, se esiste, è affatto secondaria » (Civalleri).

§ 2

Sviluppo del tessuto gliale

I glioblasti, che come dicemmo provengono dalle colonne citoplasmatiche radiali del Hardesty, presentano forma diversa secondo la posizione che occupano nell'abbozzo del nevrasse ancora quando le colonne citoplasmatiche non si sono divise in elementi distinti in seguito al processo di vacuolizzazione più volte menzionato. Come infatti si osserva nella fig. 67 i glioblasti (*ep*) che formano le pareti dei ventricoli e delle altre cavità del nevrasse sono grossi, allungati e diretti perpendicolarmente alle pareti suddette, mentre gli altri (*b*), più piccoli, sono orientati in modo molto vario; questi danno origine alle cellule gliali, quelli alle cellule endodimali. I primi meritano quindi il nome di *glioblasti veri*, gli altri quello di *glioblasti endodimali*.

Il processo di vacuolizzazione del neurosincizio aumenta in maniera da distaccare dalle predette colonne citoplasmatiche dei nuclei circondati da una zona più o meno abbondante di citoplasma, senza però interrompere la continuità delle colonne medesime; così si formano i glioblasti veri e malgrado la loro comparsa permangono quindi dei tratti di citoplasma che collegano la superficie esterna del nevrasse con i glioblasti endodimali (fig. 67, *r*).

Già alla fine del primo mese di vita intrauterina le due

specie di glioblasti sono bene distinguibili; la loro struttura è fondamentalmente la stessa, mostrandosi costituiti da nuclei più piccoli di quelli dei neuroblasti e più poveri di sostanza cromatica, e da uno strato di citoplasma leggermente granuloso. I glioblasti non sono però indipendenti l'uno dall'altro, perchè il reticolo citoplasmatico che ha sostituito il neurosincizio primitivo seguita a stabilire una diretta continuazione tra glioblasto

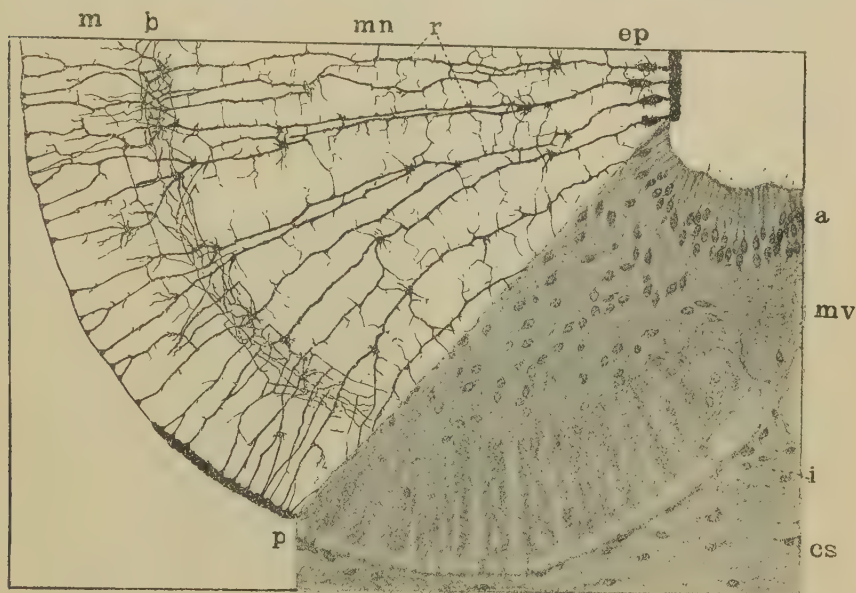


Fig. 67 — Sviluppo dei glioblasti (figura ottenuta combinando insieme due sezioni trasverse di midolla spinale di embrione di maiale lungo 30 mm., di cui la superiore è trattata col metodo del Golgi, secondo il Hardesty). Ingrand. = 90 D. — *a*, strato ependimale; *b*, zona limitante dello strato del mantello *mn*; *cs*, mesenchima perimidollare; *ep*, cellule ependimali; *i*, bottone vascolare; *m*, strato marginale (abbozzo della sostanza bianca); *mv*, abbozzo della commessura anteriore; *p*, meninge primitive; *r*, colonne citoplasmatiche.

e glioblasto; i glioblasti si sono formati infatti perchè il processo di vacuolizzazione ha invaso tutto il neurosincizio rispettando solo le zone di citoplasma poste immediatamente attorno ai nuclei glioblastici.

In origine i glioblasti si trovano esclusivamente nell'abbozzo della sostanza grigia (fig. 68, *i*); quello della sostanza bianca (zona marginale: *h*) presenta solo il reticolo citoplasmatico. Però secondariamente anche in questa zona si osservano nuclei e gliobla-

sti. Gli autori sono ancora discordi sull'origine di questi ultimi glioblasti, perchè alcuni li ritengono derivati da quelli dell'abbozzo della sostanza grigia (zona del mantello), migrati in seno all'abbozzo della sostanza bianca (zona marginale), mentre altri sostengono che si tratta di nuclei mesenchimali, penetrati dall'esterno nell'abbozzo del nevrasso insieme ai bottoni vascolari. Le mie indagini mi permettono di escludere questa doppia origine dei

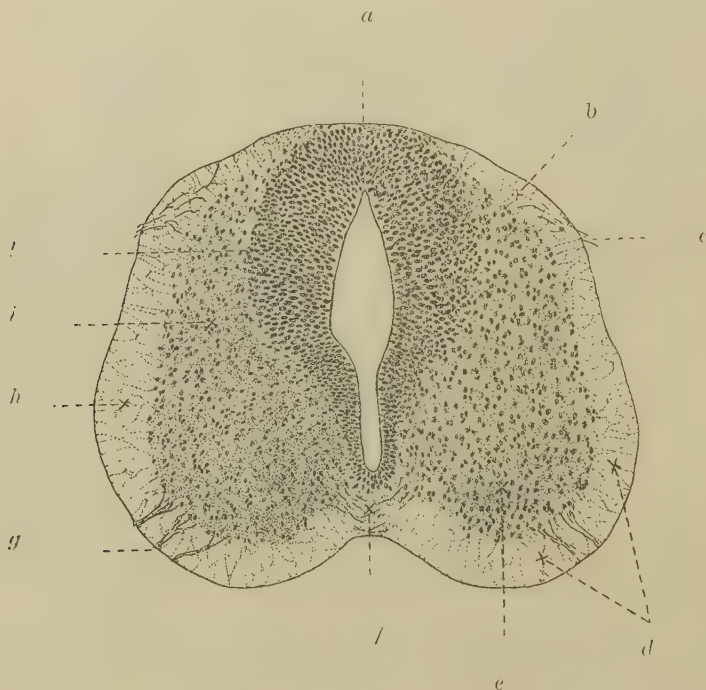


Fig. 68 — Abbozzi della sostanza bianca e della sostanza grigia (sezione trasversale della midolla spinale di un embrione umano lungo mm. 15,5 secondo lo Streeter). — *a*, abbozzo della commessura posteriore; *b*, *d*, cordone posteriore e cordone antero-laterale; *c*, radice posteriore; *e*, corno anteriore; *f*, commessura anteriore; *g*, radice anteriore; *h*, strato marginale (abbozzo della sostanza bianca); *i*, strato del mantello (abbozzo della sostanza grigia); *l*, strato germinativo.

glioblasti (origine nervosa ed origine mesenchimale) e di asserire che tutti i glioblasti derivano dai nuclei delle colonne citoplasmatiche radiali. Questi nuclei si moltiplicano attivamente per divisione diretta (Civalleri nel pollo 1910 - Sterzi nei selaci 1911).

Esaminiamo allora per quali modificazioni i glioblasti si trasformano negli elementi definitivi del tessuto gliale.

Sviluppo dei glioblasti veri — Il glioblasto vero, subito dopo la sua individualizzazione dalle colonne citoplasmatiche radiali, ha una forma molto irregolare, essendo un inspessimento nodale situato in seno ad un intreccio citoplasmatico straordinariamente complesso (fig. 67). La sua morfogenesi dipende dalla zona nella quale esso si trova. Se infatti è situato nell'abbozzo della sostanza grigia i neuroblasti che si stanno sviluppando in seno al reticolo citoplasmatico suddetto, i neuriti ed i dendriti che da essi si dipartono e che attraversano l'abbozzo della sostanza grigia, comprimono da ogni lato il glioblasto cosicchè questo tende ad assumere una forma più o meno sferoidale ed i prolungamenti si distaccano da tutta la sua periferia e diventano per lo più cilindrici e molto numerosi. Se invece il glioblasto è posto nell'abbozzo della sostanza bianca, viene compresso dalle fibre nervose, le quali formano di solito dei fasci, come si comprime un pezzo di creta tra le dita distese; quindi ha forma a fuso nelle sezioni fatte parallelamente alle fibre nervose e forma stellata nelle sezioni trasversali a queste; inoltre i prolungamenti sono più radi che nel caso precedente, potendo essi penetrare solo tra fibra e fibra nervosa e, venendo da queste schiacciati, appaiono laminari. Dunque la forma del glioblasto vero e quindi della cellula di nevroglia che gli succede, dipendono dalla natura degli elementi che lo circondano.

Riguardo allo sviluppo delle fibrille gliali è ormai assodato che si formano nelle parti periferiche del corpo del glioblasto e di qui penetrano nel reticolo gliale (Hardesty); è probabile che in quest'ultimo caso esse occupino solo la parte assile delle trabecole del reticolo. La loro formazione è dovuta a modificazioni chimiche, di natura ancora ignota, che avvengono nel citoplasma suddetto; in esso si vedono infatti delle granulazioni poco colorabili che nei glioblasti sono disseminate in tutto il citoplasma, poi si spostano nella parte periferica del corpo cellulare ed infine si dispongono in serie lineari; per la fusione delle granulazioni, la quale si accompagna a mutamenti nella loro composizione chimica, si costituiscono le fibre gliali (Eisath).

Sviluppo dei glioblasti ependimali — I glioblasti ependimali sono gli elementi centrali delle colonne citoplasmatiche radiali, vale a dire quelli più vicini alle cavità neurali (fig. 67, *ep*) e per ciò sono elementi bipolari, con una estremità centrale, volta

verso la cavità del nevrasso, e l'altra periferica che si continua con una delle predette colonne. Da principio parecchi glioblasti si continuano con una sola colonna; ma più tardi, in seguito al processo di vacuolizzazione, solo alcuni glioblasti ependimali si continuano con una colonna, mentre gli altri terminano a distanza più o meno grande dal canale centrale. Le colonne si assottigliano poi così fortemente da ridursi a fini filamenti (fig. 67, *r*), dai quali si distaccano esili rami, che sono le continuazioni tra le colonne ed il reticolo gliale sopra ricordato. Le ciglia incominciano ad essere manifeste negli embrioni umani di due mesi; le fibrille del prolungamento periferico compaiono solo al quarto mese.

Siccome il processo di vacuolizzazione del neurosincizio si estende solo fino in prossimità della superficie esterna dell'abbozzo del sistema nervoso centrale, rimane un sottile velamento di citoplasma che riveste tale abbozzo; tale velo è la *membrana limitante esterna*, nella quale vengono a terminare prima le colonne citoplasmatiche radiali e poi i prolungamenti delle cellule ependimali che a quelle colonne succedono; tra le colonne terminano anche i filamenti del reticolo neurosinciziale e di conseguenza più tardi vi s'inseriscono i prolungamenti delle cellule gliali periferiche, perchè essi decorrono nello spessore del reticolo predetto.



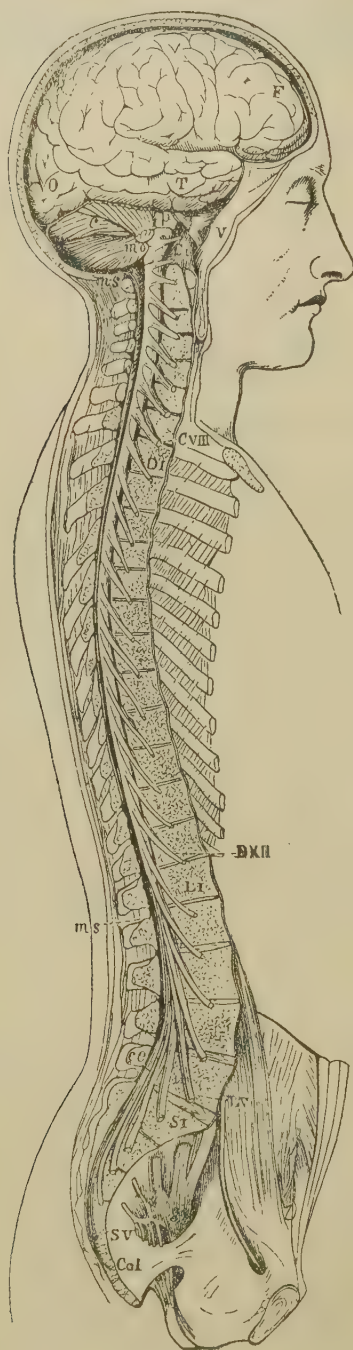
CAP. III.

Generalità intorno alla anatomia del sistema nervoso centrale

Definizione — Il sistema nervoso centrale è un complesso di organi derivati dalla placca neurale che presiede alla vita dell'intero organismo. Infatti per mezzo di molteplici cordoni di fibre nervose, cioè per mezzo dei *nervi*, esso riceve le impressioni degli agenti esterni e invia a tutto il corpo quegli stimoli che determinano i fenomeni vitali; queste impressioni diventano coscienti nei centri nervosi e per ciò il sistema nervoso centrale è anche il centro intellettuale o psichico.

Il sistema nervoso centrale compare molto precocemente durante lo sviluppo dell'embrione (cfr. a pag. 88) e non appena si formano i vari organi del corpo, vi si distribuisce; questo fatto concorda con quello che si osserva nella serie zoologica ove troviamo già nei celenterati (meduse craspedote) un sistema nervoso centrale che invia numerosi cordoni nei vari organi (B. Haller).

Divisione — Il sistema nervoso centrale si divide in *midolla spinale* ed in *encefalo* (fig. 69). I limiti tra queste due porzioni non vengono determinati da diversità di struttura o di funzione, per tali rispetti essendo graduale il passaggio dall'una all'altra, ma sono puramente convenzionali. Però la midolla spinale presiede solo a funzioni della vita vegetativa, mentre l'encefalo presiede anche alle funzioni della vita animale; e per ciò mentre la complicità anatomica della midolla spinale non è progressiva nella serie dei vertebrati, invece quella dell'encefalo lo è, trovandosi nell'encefalo i centri intellettuali che acquistano il mas-



simo grado di sviluppo nell'uomo. Siccome poi l'architettura degli organi è in stretta relazione con la funzione, la complicità anatomica della midolla è di gran lunga inferiore a quella dell'encefalo. Per ciò lo studio del sistema nervoso centrale deve iniziarsi con quello della midolla spinale.

Situazione — Il sistema nervoso centrale è situato nella cavità del cranio e nel canale vertebrale (fig. 69) ed è rivestito da speciali guaine connettive che diconsi *meningi*. La midolla spinale occupa solo una parte del canale vertebrale, mentre l'encefalo riempie completamente la cavità del cranio; per conseguenza le meningi midollari sono separate per mezzo di uno spazio (*spazio perimeningeo*) dal periostio (*endorachide*) e dai legamenti intervertebrali: invece le meningi encefaliche vengono compresse contro il periostio interno del cranio (*endocranio*) e la più esterna si fonde con esso, di guisa che nel cranio lo spazio perimeningeo manca quasi completamente (G. Sterzi, 1901).

Lo scheletro e le meningi co-

Fig. 69 — Sistema nervoso centrale umano veduto nel suo insieme. — *Encefalo*: F, O, T, lobo frontale, occipitale e temporale del cervello; c, cervelletto; p, ponte; mo, midolla allungata. — *Midolla spinale*, ms. — CI, CVIII, DI, LI, LV, SI, SV, Col, vertebre cervicali I e VIII, dorsale I, lombari I e V, sacrali I e V, coccigea I.

stituiscono un valido mezzo di protezione al sistema nervoso centrale contro l'azione degli agenti esterni.

Peso — Il sistema nervoso centrale ha un *peso assoluto* medio di gr. 1336 nell'uomo e di gr. 1197 nella donna, essendo il peso assoluto medio della midolla di gr. 28 nell'uomo e di gr. 26 nella donna, e quello dell'encefalo di gr. 1308 (Chiarugi 1905) per l'uomo di nazionalità italiana e di gr. 1171 per la donna (1). Il peso assoluto del sistema nervoso centrale dipende quindi quasi esclusivamente da quello dell'encefalo e siccome diminuisce nelle razze inferiori, così in queste diminuisce anche il peso totale del sistema nervoso centrale. Nella serie dei vertebrati il peso in questione non diminuisce a misura che si discende dalle specie più alte alle più basse, perchè il peso del sistema nervoso centrale è in rapporto diretto con quello del corpo.

Il peso assoluto del sistema nervoso si modifica in varie condizioni fisiologiche (diminuisce ad es. nell'età senile) ed anche per alterazioni patologiche; è poi in rapporto con lo stato delle glandule sessuali (il Donaldson ed il Hatai hanno osservato che nei topi bianchi diminuisce in seguito alla castrazione).

Rispetto al *peso relativo* tra sistema nervoso centrale e peso del corpo si può dire che, calcolando per gli uomini di nazionalità italiana un peso medio del corpo di Kg. 70 e per le donne un peso medio di Kg. 65, il peso del sistema nervoso centrale rappresenta $1/52,39$ del peso del corpo nell'uomo ed $1/54,30$ nella donna. Il denominatore di queste frazioni diminuisce col diminuire della età, aumentando rispetto al peso del corpo il peso dell'encefalo, dal quale, come sopra vedemmo, dipende il peso assoluto del sistema nervoso centrale; invece il denomi-

(1) Siccome alcuni autori vogliono porre in rapporto il peso assoluto dell'encefalo col grado d'intelligenza, piacemi subito far notare che le predette cifre si riferiscono ad encefali di persone appartenenti alle classi meno abbienti, dotate di scarsa istruzione, per lo più avanzate in età e quindi con organi in atrofia senile, e di solito decedute negli ospedali dopo malattie spesso esaurienti.

Del resto sulla questione del peso dell'encefalo e dello scarso valore che si deve attribuire alle cifre che lo rappresentano rispetto all'intelligenza torneremo a suo tempo (V. i Cap. V § 1, Peso dell'encefalo).

tore suddetto aumenta nelle razze inferiori, perchè il peso assoluto dell'encefalo diminuisce. Nella serie dei vertebrati il peso relativo del sistema nervoso centrale rispetto a quello del corpo subisce enormi oscillazioni; così si trovano cifre più basse di quelle dell'uomo oltre che in molti primati, anche in parecchi chiroterri, in una grande quantità di uccelli, ecc.

Il *peso specifico* medio del sistema nervoso centrale è 1,035; questo peso varia nei vari organi di tale sistema perchè sono diverse le quantità reciproche di sostanza bianca e di sostanza grigia che li costituiscono, e queste sostanze hanno un peso specifico molto diverso (1.039 - 1.043 per la sostanza bianca, 1.029 - 1.042 per la sostanza grigia: Danilewski).

Volume — È stato poco studiato. Siccome la midolla spinale si può grossolanamente considerare come un cilindro, lungo in media cm. 45 nell'uomo e cm. 43.5 nella donna e con un diametro di cm. 1, essa ha un volume approssimativo di cm.³ 35,3 nell'uomo e cm.³ 34,1 nella donna. Il volume dell'encefalo secondo il Ranke è di cm.³ 1513 nell'uomo e di cm.³ 1298 nella donna. Da ciò risulta che il volume del sistema nervoso centrale è all'incirca di cm.³ 1548.3 nell'uomo e di cm.³ 1332.1 nella donna.

Colore — Il colore del sistema nervoso centrale varia dal bianco-roseo al grigio, secondo che la sua superficie è costituita da sostanza bianca o da sostanza grigia e secondo la quantità di queste sostanze. Naturalmente ci riferiamo al sistema nervoso centrale spogliato dalle meningi, perchè queste membrane, ed in particolar modo la più interna che intimamente gli aderisce, possono modificarne il colore contenendo nel loro contesto delle cellule pigmentarie. In alcuni punti del sistema nervoso centrale si incontrano poi degli accumuli di cellule nervose pigmentate (cfr. a pg. 39), e questi possono indurre profonde modificazioni di colorito.

Consistenza — È notevole, e più nelle parti formate all'esterno da sostanza bianca che in quelle costituite superficialmente da sostanza grigia. La consistenza viene aumentata dal fatto che la più interna delle meningi, cioè la *pia madre*, esercita una certa compressione sulla sostanza nervosa (Sterzi, 1900); la sostanza bianca, spogliata dalle meningi, è molle, e più ancora lo è la sostanza grigia.

Mobilità — Il sistema nervoso centrale è quasi immobile. L'encefalo, riempiendo esattamente la cavità del cranio tappezzata dalle meningi e dal periostio, non può subire nessun spostamento; la midolla spinale può invece spostarsi leggermente nel canale vertebrale e quasi esclusivamente in senso antero-posteriore (Sterzi 1901). Ad ogni modo i movimenti del sistema nervoso centrale sono passivi, quando non si voglia tener conto del movimento pulsatorio della sostanza nervosa, sincrono ai movimenti cardiaci, perchè esso dipende dall'onda sanguigna che ritmicamente viene iniettata nelle arterie.

Struttura generale — Come abbiamo già veduto nei precedenti capitoli, il sistema nervoso centrale viene formato da tessuto nervoso e da tessuto gliale intimamente commisti e contiene organi connettivi; e secondo la quantità di fibre nervose che entrano nella sua compagine, esso appare costituito da sostanza grigia e da sostanza bianca (cfr. a pg. 82).

Come disposizione fondamentale la porzione principale della sostanza grigia forma la parte centrale del nevrasse, circondando le cavità che si trovano nel suo interno, e la sostanza bianca costituisce uno strato più o meno cospicuo attorno alla precedente, essendo a sua volta coperta da un esile mantello grigio. Questa disposizione si osserva nei vertebrati più bassi (Sterzi, 1907-1912) e nei primi stadi dello sviluppo del sistema nervoso centrale dei vertebrati più alti e quindi anche dell'uomo. In alcuni organi del sistema nervoso centrale il mantello grigio periferico diventa secondariamente uno strato molto cospicuo e supera in volume la sostanza grigia che si trova all'interno del nevrasse e che può a sua volta ridursi ad uno strato esilissimo; questo fatto avviene in quegli organi che nella serie dei vertebrati raggiungono un grande sviluppo, come sono ad es. gli emisferi cerebrali ed il cervelletto. In tal caso la sostanza grigia centrale si può ridurre al solo ependima che tappezza la cavità del nevrasse, come accade ad es. negli emisferi cerebrali dell'uomo.

Le cellule nervose si trovano per la massima parte nella sostanza grigia e possono essere sparse oppure presentare una posizione ben determinata; ed in quest'ultimo caso o formano accumuli (*nuclei*) oppure costituiscono degli strati più o meno sottili (*zone*, *lamine*, ecc.). Però si osservano talvolta anche cellule nervose sparse in mezzo alla sostanza bianca.

I prolungamenti delle cellule nervose o rimangono nella sostanza grigia ed allora hanno la semplice struttura di neuriti o di dendriti, oppure passano nella sostanza bianca ed allora diventano cilindrassi di fibre nervose, circondandosi di guaina mielinica (cfr. a pg. 47). Qualunque sia il loro comportamento, essi possono avere l'ufficio di porre in connessione segmenti posti a distanza più o meno grande l'uno dall'altro rispetto all'asse longitudinale del sistema nervoso centrale (ad es. segmenti cervicali con segmenti dorsali o lombari della midolla spinale); in tal caso se i segmenti da porre in connessione sono a brevissima distanza

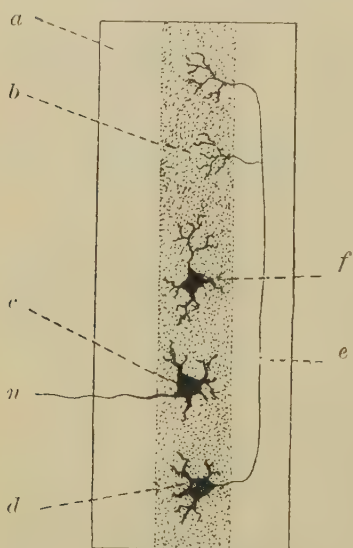


Fig. 70 — Principali tipi di cellule nervose (Schema). — a, sostanza bianca; b, sostanza grigia; c, cellula radicolare col suo neurite *n*; d, cellula funicolare ed e, fibra omonima; f, cellula propria della sostanza grigia.

tra loro, provvedono a tale ufficio neuriti corti e decorrenti nella sostanza grigia (fig. 70, *f*) e le cellule che li originano chiamansi *cellule proprie della sostanza grigia*; se invece i segmenti predetti sono a distanza più o meno grande, servono a tale scopo neuriti decorrenti come cilindrassi di fibre nervose nella sostanza bianca (fig. 70, *d*) e le cellule nervose dai quali originano chiamansi allora *cellule funicolari*. In questo caso i neuriti possono porre in relazione segmenti di sistema nervoso centrale situati in una stessa metà laterale ed allora le cellule che li emettono hanno il nome di *cellule funicolari propriamente dette* (fig. 70, *d*); oppure possono servire a stabilire connessioni tra l'una e l'altra metà laterale del sistema nervoso, ed in tal caso le cellule dalle quali i neuriti originano, chiamansi *cellule commessurali* (fig. 71, *a*, *b*). Nel sistema nervoso centrale si trovano infine anche cellule nervose i neuriti delle quali escono dal predetto sistema e diventano cilindrassi di fibre del sistema nervoso periferico; tali neuriti si continuano con le *radici dei nervi* e per ciò le loro cellule di origine vengono denominate *cellule radicolari* (fig. 70, *c*).

Oltre alle fibre provenienti dalle cellule funicolari propriamente dette o *fibre funicolari*, oltre a quelle derivanti dalle cellule

commessurali o *fibre commessurali* ed oltre alle *fibre radicolari* derivanti dalle cellule omonime, contribuiscono a formare la sostanza bianca del sistema nervoso centrale anche fibre che non hanno le loro cellule di origine entro alla sostanza grigia, come le suddette, ma che provengono invece da cellule nervose situate nel sistema nervoso periferico (fig. 73, *b*) oppure negli organi dei sensi; così ad es. è per le fibre provenienti dai gangli spinali, per quelle derivanti dalla retina, dalla mucosa olfattoria, ecc. Queste fibre si possono chiamare *fibre esogene* in opposizione a quelle che abbiamo sopra elencato e che nel loro complesso costituiscono le *fibre endogene*.

Le fibre esogene arrivano al sistema nervoso centrale per mezzo delle radici dei nervi; quindi nelle radici dovremo distinguere *fibre radicolari efferenti* (e sono quelle che derivano dalle cellule radicolari sopra ricordate) e *fibre radicolari afferenti* (e sono le esogene).

Potremo adunque così suddividere le fibre nervose:

<i>Fibre nervose</i>	{	endogene	{	funicolari
			{	commessurali
	{	esogene	{	radicolari efferenti
			{	radicolari afferenti

Le fibre nervose che derivano da un medesimo nucleo o da un determinato gruppo di cellule nervose non si mescolano disordinatamente con quelle che derivano dagli altri gruppi cellulari, ma percorrono la sostanza bianca fino alla loro terminazione riunite in un *fascio nervoso*. Mentre nella parte centrale dei vari fasci si trovano fibre di medesima natura, alla periferia queste sono mescolate con quelle dei fasci vicini; di regola non vi sono quindi limiti netti tra l'uno e l'altro fascio. Questo fatto concorda con quello che si osserva nella serie dei vertebrati; nei cranioti inferiori (ciclostomi, pesci) i fasci sono formati da un miscuglio di fibre e vengono caratterizzati dal prevalere delle fibre di una determinata specie sulle altre (Sterzi, 1909). L'individualizza-

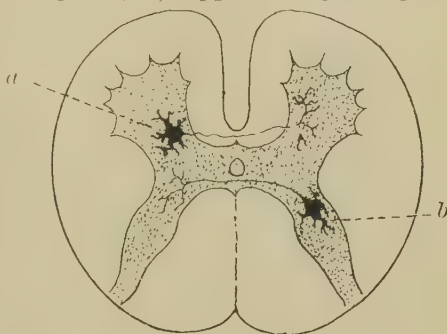


Fig. 71 — Cellule commessurali (nella midolla spinale: Schema). — *a*, con neurite che attraversa la sostanza bianca; *b*, con neurite contenuto nella sostanza grigia.

zione dei fasci è tanto più accentuata quanto più sono antichi i fasci rispetto allo sviluppo; quei fasci che compaiono per primi nell'embrione sono quelli formati dal maggior numero di fibre omonime. Speciali metodi d'indagine, che esamineremo nelle pagine seguenti, hanno permesso di determinare il cammino di molti fasci.

Cavità — Il sistema nervoso centrale è cavo nell'interno e le cavità sono i residui del canale che percorre il tubo neurale delle prime fasi embrionali (cfr. pg. 90); queste cavità vengono tappezzate da ependima (cavità ependimali). Durante lo sviluppo alcune di esse aumentano molto, altre invece pochissimo; le prime formano i *ventricoli* del sistema nervoso, le altre i *condotti*. Talvolta i ventricoli comunicano direttamente l'uno con l'altro per mezzo di *forami di comunicazione*, talvolta invece tra i ventricoli sono interposti i condotti.

I condotti rappresentano la disposizione primitiva delle cavità neurali.

Queste cavità, che comunicano tutte l'una con l'altra, nelle prime fasi del loro sviluppo costituiscono un sistema chiuso, che cioè non comunica direttamente con gli altri spazi dell'organismo, e questa disposizione corrisponde a quella che si conserva per tutta la vita nei cranioti inferiori (Sterzi, 1907, 1912). Durante lo sviluppo si costituiscono però alcuni orifizi (*forami coroidi*), i quali pongono in diretta comunicazione le cavità ependimali con un ampio spazio linfatico interposto tra le meningi più interne (*spazio intraracnoidale*).

Nelle cavità ependimali è contenuto un liquido acquoso, il *liquido encefalo-midollare*, che per mezzo dei fori suddetti comunica con un liquido simile, il *liquido intraracnoidale*, che a sua volta si versa nel sistema linfatico. Le disposizioni dei cranioti inferiori fanno pensare che il liquido encefalo-midollare non sia altro che linfa trasudata dalle pareti delle cavità ependimali (Sterzi, 1909, 1912); ma su ciò più minutamente diremo a proposito della circolazione linfatica del sistema nervoso centrale.

Si possono incontrare anche *cavità non ependimali* nel nervasse, prodotte da saldamenti che durante lo sviluppo avvengono tra determinati tratti della superficie del sistema nervoso centrale. Queste cavità possono essere completamente chiuse, come ad es. la cavità del setto lucido, oppure possono comunicare

con l'esterno, come la incisura trasversa del cervello o del Bichat; nel primo caso non contengono elementi connettivi, nel secondo caso invece sono riempite da formazioni connettive che si continuano con le meningi.

Nervi — Fin dal principio del presente capitolo abbiamo veduto come dal sistema nervoso centrale si dipartano numerosi nervi, che si distribuiscono in tutto l'organismo; il decorso delle loro fibre entro al sistema nervoso centrale costituirà una parte molto importante del nostro studio.

Nei nervi si deve distinguere una *origine apparente* (fig. 72, l) ed una *origine reale* (n); chiamasi origine apparente il tratto della superficie del sistema nervoso centrale nel quale il nervo si attacca al nevrasse; l'origine reale è invece costituita dal gruppo di cellule nervose, dalle quali provengono le fibre nervose che costituiscono il nervo. La prima è sempre superficiale, la seconda è ordinariamente profonda.

Le fibre dei nervi fisiologicamente si distinguono in varie specie (cfr. a pg. 47); la origine ed il decorso di ciascuna specie di fibre sono conosciuti solo parzialmente. Di positivo è solamente certo che nel sistema nervoso centrale hanno la loro origine apparente *fibre motrici* che si distribuiscono ai muscoli volontari ed involontari determinandone la contrazione od il rilasciamento, e *fibre sensitive* che servono alla sensibilità generale e speciale.

Una divisione anatomica delle fibre nervose che ha grande importanza è quella in *fibre dei nervi somatici* ed in *fibre dei nervi viscerali o splancnici*. Le prime costituiscono quei nervi che si distribuiscono alle pareti del corpo e più particolarmente ai muscoli volontari, al tegumento ed agli organi dei sensi; le seconde formano invece i nervi che si diramano nell'interno dei visceri, nelle glandule, e, seguendo i vasi sanguiferi alle cui pareti si distribuiscono, penetrano anche nelle pareti del corpo mescolando in tal guisa il loro territorio di distribuzione a quello dei nervi somatici.

Tanto le fibre somatiche che le fibre viscerali si distinguono in *motrici* ed in *sensitive*; le prime trasmettono gli impulsi del sistema nervoso centrale agli organi del movimento, che sono i muscoli volontari per le somatiche ed i muscoli involontari per le viscerali, e per ciò i nervi da esse formati si chiamano *nervi*

motori od effettori; le seconde ricevono gli impulsi dagli organi sensitivi periferici e li trasmettono al sistema nervoso centrale, e quindi formano i *nervi sensitivi o recettori*.

I nervi motori si comportano in modo diverso secondo che appartengono al sistema somatico oppure al sistema viscerale. Esaminiamo infatti partitamente il loro comportamento.

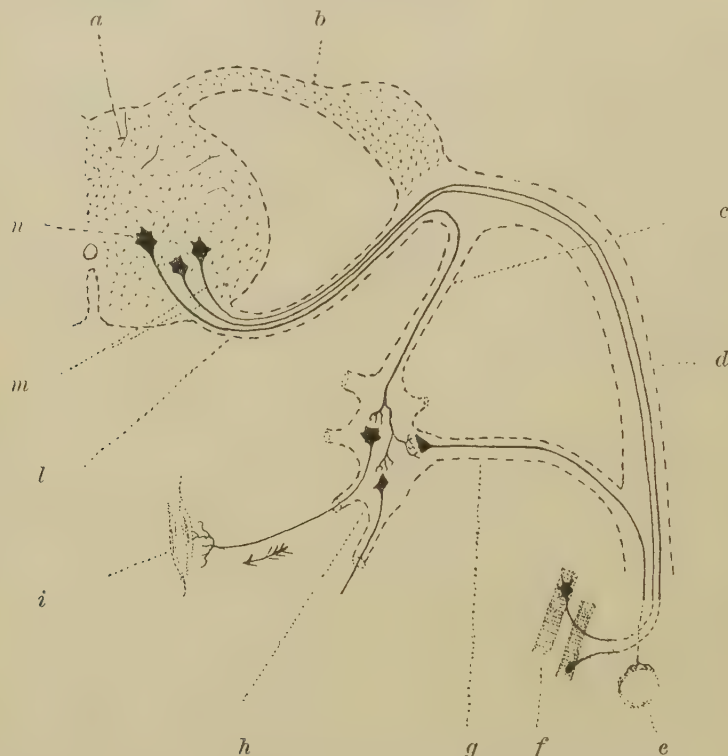


Fig. 72 — Origine dei nervi motori somatici e viscerali (Schema). — *a*, centro nervoso; *b*, radice sensitiva; *c*, ramo comunicante bianco e fibra preganglionare; *d*, nervo misto (sono rappresentate solo le fibre motrici somatiche); *e*, fibra motrice viscerale che si distribuisce attorno ad un vaso sanguifero dopo aver decorso insieme a fibre motrici somatiche; *f*, muscoli e terminazioni delle fibre motrici somatiche; *g*, ramo comunicante grigio che conduce al sistema dei nervi somatici fibre postganglionari, le quali però terminano sempre in fibre muscolari lisce dell'apparecchio viscerale; *h*, ganglio simpatico; *i*, terminazioni nella muscolatura viscerale di fibre postganglionari; *l*, radice motrice; *mn*, origine reale, formata da cellule radicolari somatiche (*m*) e da cellule radicolari viscerali (*n*).

I nervi motori del sistema somatico (fig. 72) hanno la loro origine reale nelle cellule radicolari (*m*) del sistema nervoso centrale (*d*), le quali spesso sono raccolte in accumuli che si chia-

mano *nuclei dei nervi motori* (fig. 72); i loro neuriti escono dal nevrasse, riuniti in fasci che si chiamano *radici dei nervi motori* (*l*) e vanno a distribuirsi ai muscoli volontari. Quindi i predetti nervi hanno:

origine reale entro al sistema nervoso centrale,
origine apparente alla superficie del sistema nervoso centrale,
terminazione nei muscoli volontari.

Le fibre dei nervi motori ora descritti sono adunque fibre radicolari efferenti.

I nervi motori del sistema viscerale hanno un comportamento del tutto speciale (fig. 72). Infatti da cellule radicolari simili a quelle dei nervi motori somatici originano fibre radicolari efferenti (*n*), le quali, mescolate con le precedenti, escono dal sistema nervoso centrale contribuendo a formare le radici dei nervi motori (*l*); però non si accompagnano a queste ultime fino alla terminazione, ma ad un certo momento del loro cammino abbandonano le fibre radicolari somatiche per andare verso certi gruppi di cellule nervose situati nella testa e nel tronco che diconsi *gangli simpatici* (fig. 72, *h*). Qui le fibre motrici viscerali terminano con arborizzazioni e dalle cellule dei gangli simpatici originano allora le *fibre motrici simpatiche* (fig. 72), le quali o isolatamente o riunite di nuovo a fibre motrici somatiche (fig. 72) vanno a distribuirsi alla muscolatura involontaria (muscolatura cardiaca, viscerale, vasale, glandulare, ecc.). Quindi nel nervo viscerale la fibra motrice proveniente dal sistema nervoso centrale non si distribuisce direttamente all'organo del movimento (muscolo involontario), ma termina in corrispondenza di una cellula nervosa periferica (*cellula motrice del simpatico*), la quale a sua volta si distribuisce all'organo del movimento. È ancora discutibile se tra il centro nervoso e l'organo terminale si interponga una sola cellula motrice (Langley), oppure se ve ne possano essere più di una. Ad ogni modo nel nervo motore viscerale dovremo distinguere due segmenti, un *segmento preganglionare* (fig. 72, *c*), che va dal centro nervoso alla cellula od alle cellule motrici simpatiche, ed un *segmento postganglionare* che va dalla cellula motrice simpatica (o dalla prima cellula motrice simpatica se si ammette che possano trovarsene più di una poste in connessione tra loro) all'organo terminale. Le cellule simpatiche motrici non sempre costituiscono gangli simpatici, come sopra dicemmo, ma possono perfino essere disperse in plessi, in reti od in cellule isolate.

Le cellule che danno origine alle fibre preganglionari non si trovano in tutta la estensione del sistema nervoso centrale, ma solo in alcuni segmenti di esso che a suo tempo studieremo; per ora ci basta il notare che in parte si trovano nell'encefalo ed in parte nella midolla spinale. Le fibre preganglionari, uscite dal nevrasse, si separano dalle fibre motrici somatiche in due modi, cioè o bruscamente od insensibilmente; nel primo caso dal nervo somatico-viscerale motore si diparte un grosso ramo (*ramo comunicante bianco*: fig. 72, c), che contiene tutte le fibre preganglionari; nel secondo caso tali fibre si separano dalle somatiche filuzzo per filuzzo, a misura che il fascio nervoso si suddivide nell'organismo. Il primo modo di separazione delle fibre preganglionari si verifica nelle fibre di origine midollare, il secondo modo di separazione si ha invece nelle fibre preganglionari che originano dall'encefalo. La distribuzione anatomica delle fibre motrici dei visceri dimostra che alla muscolatura involontaria dei singoli visceri arrivano contemporaneamente fibre di origine encefalica e fibre di origine midollare, le une e le altre sempre interrotte nel loro decorso da una o da più cellule motrici simpatiche; le importanti indagini fisiologiche del Langley hanno assodato che questi due sistemi di fibre sono antagonisti.

Dunque per concludere i nervi motori viscerali (1) hanno:

- I. *origine reale entro al sistema nervoso centrale,*
- II. *origine reale nelle cellule motrici simpatiche,*
terminazione nei muscoli involontari.

Anche i nervi sensitivi si comportano in modo diverso secondo che appartengono al sistema somatico od al sistema viscerale.

I nervi sensitivi somatici (fig. 73) originano da cellule situate al di fuori del sistema nervoso centrale e disseminate negli organi di senso, oppure raccolte in accumuli posti sempre in prossimità del sistema nervoso centrale ed aventi il nome di *gangli cerebro-spinali* (fig. 73, b); questi gangli non vanno confusi coi gangli simpatici che abbiamo accennato sopra. Le cellule dei gangli

(1) Qualche autore (Herrick) distingue i nervi motori in somatici ed in viscerali solo in base alla loro distribuzione periferica, senza tener conto cioè se essi provengano dal sistema nervoso centrale o dal simpatico; per conseguenza per questi autori sono viscerali dei nervi che per noi sono somatici come ad es. quelli dei muscoli sottoioidei, laringei, masticatori, ecc. Mi è parsa migliore la distinzione seguita nel testo perchè basata sulla origine dei nervi, carattere questo ben più importante della distribuzione.

cerebro-spinali coi loro prolungamenti danno origine a due fibre nervose (1), una delle quali (*d*) è periferica, volge cioè verso la periferia del corpo e quivi si ramifica, l'altra invece è centrale, penetra cioè nel sistema nervoso centrale, per lo più riunita in un fascio con fibre di uguale natura, formando così una *radice*



Fig. 73 — Origine dei nervi sensitivi somatici e viscerali (Schema). — *a*, nucleo sensitivo terminale posto nel centro nervoso; *b*, ganglio cerebro-spinale; *c*, fibre sensitive viscerali; *d*, fibre sensitive somatiche; *e*, ramo comunicante grigio che conduce fibre sensitive viscerali le quali decorrono insieme alle fibre somatiche; *f*, ganglio simpatico; *g*, cellule sensitive simpatiche; *h*, terminazione periferica di una fibra sensitiva viscerale; *i*, ramo comunicante bianco.

sensitiva. Penetrata nel nevrasse, la fibra in questione termina dopo un tragitto più o meno lungo in corrispondenza di cellule nervose, d'ordinario raccolte in gruppi che diconsi *nuclei dei nervi sensitivi* (*a*).

(1) Qui naturalmente ci limitiamo ad accennare alle disposizioni generali; a suo tempo vedremo come alcune cellule emettano una fibra sola.

Dunque all'opposto dei nervi somatici motori, i nervi somatici sensitivi hanno:

origine reale al di fuori del sistema nervoso centrale,
origine apparente alla superficie del sistema nervoso centrale,
terminazione entro al sistema nervoso centrale.

I *nervi sensitivi viscerali* presentano costituzione più complicata; infatti in essi, come nei motori, si interpone almeno una nuova cellula nervosa (*cellula sensitiva simpatica*) tra l'organo terminale e la cellula del ganglio cerebro-spinale. Nei gangli simpatici, mescolate in mezzo alle cellule motrici, si trovano infatti delle cellule sensitive (fig. 73, *g*), le quali danno origine a due fibre, una periferica che si ramifica nei visceri sia indipendentemente sia accompagnandosi ai nervi sensitivi o motori somatici (fig. 73), e l'altra centrale che penetra nel ganglio spinale e si distribuisce attorno alle cellule che vedemmo originare i nervi sensitivi somatici (*b*). Lo stimolo sensitivo viene quindi raccolto alla periferia del corpo dalle fibre simpatiche che lo trasmettono alle cellule gangliari simpatiche (fig. 73, *g'*; queste (*i*) poi lo conducono ai gangli cerebro-spinali (*b*), che a loro volta lo trasmettono al sistema nervoso centrale (*a*). Adunque le fibre che emanano dai gangli cerebro-spinali (*b*) e che vanno al sistema nervoso centrale servono tanto alla conduzione della sensibilità somatica come a quella della sensibilità viscerale (fig. 73). L'insieme dei gangli simpatici e dei nervi che da essi emanano costituisce un sistema nervoso speciale, distinto dal sistema nervoso centrale coi suoi nervi periferici; esso ha il nome di *sistema nervoso simpatico*.

Quindi i nervi viscerali sensitivi hanno:

origine reale nelle cellule sensitive simpatiche,
terminazione nei gangli cerebro-spinali.

Alla distinzione delle fibre nervose in motrici e sensitive ed in somatiche e viscerali nell'interno del sistema nervoso centrale corrisponde una speciale localizzazione dei nuclei di origine, se si tratta di fibre motrici, e dei nuclei terminali, se si tratta di fibre sensitive. Infatti i nuclei motori sono situati nella metà anteriore del sistema nervoso centrale, i nuclei sensitivi nella metà posteriore; inoltre i nuclei somatici sono periferici rispetto ai nuclei viscerali, che si trovano nel centro del sistema nervoso centrale. Questa asserzione vale specialmente per la midolla spinale, cioè per la parte del sistema nervoso centrale che ha conservato una disposizione primitiva; vedremo infatti che nell'en

cefalo sono intervenuti speciali fattori i quali hanno determinati interessanti spostamenti nella posizione originaria dei nuclei.

Abbiamo poi assodato che le fibre motrici sono fibre endogene, le fibre sensitive fibre esogene (cfr. a pag. 120 e seg.). Le une e le altre nell'interno del sistema nervoso centrale tengono percorsi più o meno lunghi e più o meno complicati prima di raggiungere i nuclei di origine se si tratta di fibre motrici od i nuclei di terminazione se sono invece sensitive.

I nervi alla loro origine apparente possono essere formati o da sole fibre motrici, o da sole fibre sensitive, o da fibre delle due specie mescolate insieme; nel primo caso il nervo è *motore*, nel secondo è *sensitivo* e nel terzo dicesi *misto*. Quest'ultimo viene quindi formato da fibre endogene efferenti (motrici) e da fibre esogene afferenti (sensitive).

Spesso fasci nervosi motori, sensitivi o misti, che hanno diverse origini apparenti, a breve distanza da tali origini si riuniscono in un solo nervo; in tal caso i fasci suddetti si chiamano *radici dei nervi* (fig. 72, 73).

Meningi — Le meningi, delle quali già facemmo menzione (pg. 83), rivestono da ogni lato il sistema nervoso centrale e sono in numero di tre (fig. 74); la meninge periferica chiamasi *dura madre* (*a*), la media *aracnoide* (*b*) e l'interna *pia madre* (*c*); tra la dura madre e l'aracnoide è interposta una strettissima fessura che chiamasi *b* *spazio intradurale* (*d*) e tra l'aracnoide e la pia madre si trova uno spazio più o meno ampio, ma sempre molto più ampio del precedente, che ha il nome di *spazio intraracnoideale* (*e*).

La dura madre è una membrana fibrosa grossa, robusta, con scarsi vasi sanguiferi e nervi, che nel canale vertebrale rimane separata

dal periostio interno delle vertebre (endorachide) e dai legamenti intervertebrali per mezzo dello *spazio peridurale*, contenente tes-

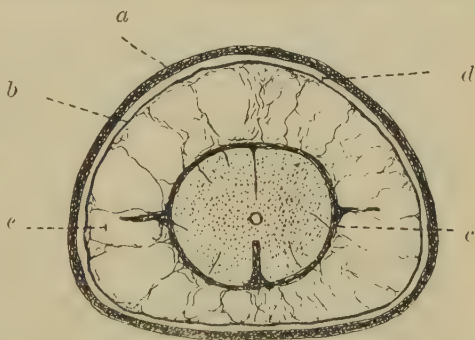


Fig. 74 — Disposizione fondamentale delle meningi (sezione trasversale di midolla spinale e delle sue meningi: semischematiche). — *a*, dura madre; *b*, aracnoide; *c*, pia madre; *e*, spazio intraracnoideale; *d*, spazio intradurale.

suto connettivo fibrillare, tessuto adiposo e specialmente plessi venosi; invece nel cranio tale meninge è fusa col periostio interno del cranio (endocranio) tranne che in alcune regioni (Sterzi).

L'aracnoide è una membrana esilissima e per ciò priva di vasi e di nervi; mentre ha scarse aderenze alla dura madre, viene invece unita alla pia madre per mezzo di numerosissime trabecole connettive, che attraversano quindi lo spazio intraracnoideale.

La pia madre costituisce il rivestimento immediato del sistema nervoso centrale, aderisce intimamente alla membrana limitante esterna (pg. 85) e penetra in tutte le accidentalità della superficie del nevrasse, mentre di regola l'aracnoide passa a ponte su esse. La pia madre è una membrana fibrosa abbastanza robusta, tesa sul sistema nervoso di cui aumenta la consistenza; la percorrono i vasi sanguiferi che poi penetrano nel sistema nervoso.

Lo spazio intradurale è uno spazio sieroso; le sue pareti sono tappezzate da uno strato ininterrotto di endotelio e sono umettate da una sostanza molle, paragonabile alla sinovia delle cavità articolari (Sterzi 1909).

Lo spazio intraracnoideale è l'insieme di molti piccoli spazi connettivi, simili cioè a quelli che si trovano tra i fasci del tessuto fibrillare molle (Sterzi 1901); infatti viene attraversato da numerosissime trabecole che hanno i caratteri morfologici e la struttura di fasci connettivi. Quindi non presenta un rivestimento endoteliale (Sterzi 1901). Tra le trabecole si trova un liquido citrino, coi caratteri chimici della linfa, cioè il *liquido intraracnoideale*; abbiamo già menzionato la sua comunicazione col liquido encefalo-midollare (cfr. a pg. 122).

Circolazione sanguigna — Al sistema nervoso centrale vanno numerose arterie; queste si diramano sulla pia madre ed i rami si anastomizzano tra loro costituendo una ricca rete (fig. 75, *a*, *d*), dalla quale originano rami minori che penetrano nel sistema nervoso. Tali rami sono ordinariamente *arterie terminali* perchè nella sostanza nervosa non si anastomizzano più l'uno con l'altro, ma terminano spandendosi in una fitta rete di capillari (fig. 75 *e*); dalle reti capillari traggono origine le *vene* del sistema nervoso centrale (*f*), le quali, senza essere satelliti alle arterie, raggiungono la pia madre.

Il territorio capillare che appartiene ad un'arteria non è indipendente dai territori simili vicini, ma essi comunicano l'uno con l'altro (Sterzi, 1904); per ciò, se un'arteria viene ad occludersi, nella rete capillare da essa formata può ugualmente circolare il sangue, provenendo questo dalle reti capillari irrorate dalle arterie vicine. Se però l'arteria occlusa ha calibro rilevante, allora il sangue proveniente dalle reti capillari delle arterie vicine non è più sufficiente per ristabilire il circolo sanguigno nel territorio al quale essa si distribuiva.

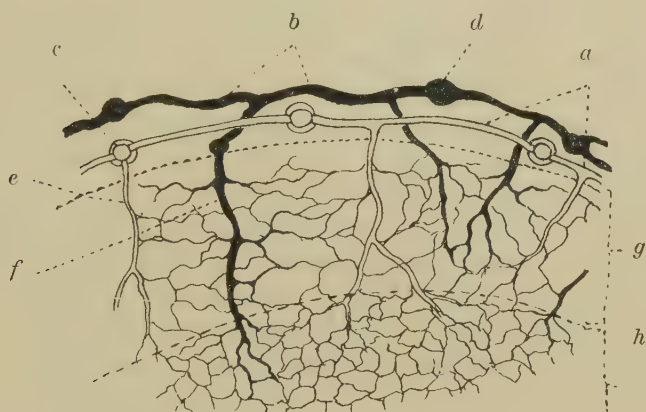


Fig. 75 — Distribuzione dei vasi sanguiferi nel sistema nervoso centrale (Schema). — *a*, rete arteriosa periferica; *b*, rete venosa periferica; *c*, arterie della pia madre; *d*, vene della pia madre; *e*, arteria della sostanza nervosa; *f*, vena della sostanza nervosa; *g*, capillari della sostanza bianca; *h*, capillari della sostanza grigia.

Le reti capillari sono molto fitte nella sostanza grigia, meno nella sostanza bianca (fig. 75); ed i capillari spesso hanno calibro minore nella sostanza grigia che in quella bianca. Ciò dimostra che il ricambio materiale è molto più attivo nella sostanza grigia.

Le vene sulla pia madre si anastomizzano in maniera da costituire reti come le arterie (fig. 75, *b*); da tali reti originano i tronchi che versano il sangue venoso nel sistema circolatorio generale e spesso questi tronchi sboccano in plessi od in seni venosi situati attorno alla dura madre.

Nei tratti nei quali le pareti delle cavità del nevrasso sono molto sottili, ridotte al solo ependima, i vasi sanguiferi formano dei fittissimi plessi (*plessi coroidi*).

Circolazione linfatica — La circolazione linfatica del sistema nervoso centrale è poco nota nei vertebrati superiori e nell'uomo; le disposizioni che si osservano nei vertebrati inferiori (ciclostomi, pesci: Sterzi, 1909, 1912), paragonate con le particolarità della struttura del nevrasso che sono note nei craniofagi superiori, fanno indurre che la circolazione linfatica avvenga in modo fondamentalmente simile in tutti i vertebrati.

Dalle reti capillari sanguifere della sostanza bianca e della sostanza grigia trasuda continuamente del plasma sanguigno, il quale imbeve tutta la sostanza nervosa, riempiendone i minutissimi spazi intercellulari e quelli interposti tra il fitto intreccio dei prolungamenti delle cellule. Questo plasma serve al ricambio materiale degli elementi del tessuto nervoso e del tessuto gliale e, dopo aver compiuto la sua funzione e divenuto linfa, viene a raccogliersi in piccoli spazi perivascolari, che circondano tanto le vene che le arterie; la linfa perivenosa in parte può filtrare per osmosi entro alle vene, ove la pressione è molto bassa, ed in parte insieme alla linfa periarteriosa si vuota nello spazio intraracnoidale, formando il liquido omonimo. Questo liquido non è quindi altro che la linfa del sistema nervoso centrale.

Le cavità che abbiamo detto esistere nel sistema nervoso centrale contengono, come già vedemmo (cfr. pg. 122), il liquido encefalo-midollare. Si ritiene che questo liquido sia solamente un prodotto di secrezione dell'ependima che riveste i sopra menzionati plessi coroidei, il quale attraverso ai forami coroidei (pg. 122) si vuota nel liquido intraracnoidale. Questa opinione non ha però un serio fondamento anatomico e fisiologico; in molti animali i plessi coroidei contengono sole vene ed i forami coroidei non esistono, e ciò fa pensare che in essi i plessi abbiano l'ufficio di assorbire e non di produrre il liquido encefalo-midollare; in tal caso il liquido in questione non può essere prodotto che dalle pareti delle cavità del sistema nervoso centrale ed è quindi un prodotto simile al liquido intraracnoidale. È probabile che nell'uomo il liquido encefalo-midollare trasudi da tutte le pareti delle cavità neurali e che in esso si versi la speciale secrezione dell'epitelio corioideo.

Nell'uomo il liquido encefalo-midollare comunica direttamente col liquido intraracnoidale. Per mezzo di vie linfatiche bene note quest'ultimo si versa poi nel sistema linfatico generale.

Metodi d'indagine — La conoscenza dell'architettura del sistema nervoso centrale è frutto di studi secolari, per i quali i ricercatori escogitarono numerosi metodi d'indagine (1); il voler accennare anche solo ai principali richiederebbe molte pagine, senza nessun frutto per il Lettore. Del resto in qualsiasi moderno trattato di tecnica istologica sono descritti i metodi più acconci per porre in evidenza le varie particolarità di struttura del sistema nervoso centrale.

Per conoscere bene la morfologia di tale sistema nell'uomo non basta l'esame, per quanto accurato esso sia, di materiale fresco; le alterazioni cadaveriche che rapidamente intervengono nel predetto sistema modificano molte particolarità della forma. Per ciò le nostre cognizioni derivano oltre che dallo studio di materiale fresco, anche da quello di materiale conservato con opportuni liquidi (soluzioni di sali cromici, di formaldeide, ecc.). Per conoscere particolari morfologici molto minuti servì anche l'osservazione microscopica di serie di sezioni stese su vetri l'una di seguito all'altra. Importantissimi risultati si ottennero poi quando si incominciò ad indagare l'anatomia comparata del nervasse, perchè in tal modo venne richiamata l'attenzione degli anatomici su molte particolarità che nell'uomo sono appena riconoscibili mentre in altri vertebrati appaiono più manifeste.

La complicata struttura della cellula nervosa e della cellula gliale poterono essere note solo in grazia di numerosi metodi di ricerca; a tale riguardo non va però dimenticato che il materiale che viene a cadere sotto alla nostra attenzione, è stato sottoposto a trattamenti più o meno energici (coagulazione, disidratazione, sgrassamento, alcalinizzazione od acidificazione, ecc.), i quali devono produrre qualche modificazione nella intima struttura. E parecchie particolarità citologiche, sulle quali tanto si insiste da alcuni, sono certo la conseguenza dei metodi di tecnica (di tali particolarità non fu tenuto conto nei precedenti capitoli).

Il fatto più maraviglioso e più ricco di conseguenze per la pratica è quello di aver potuto seguire determinate fibre nel complicato intreccio che esse formano nel sistema nervoso; così si è potuta stabilire la topografia delle vie nervose. I metodi che più concorsero a queste conoscenze sono i seguenti:

(1) Cfr. Sterzi, *I progressi della Neurologia*, 1901.

a) *Osservazione diretta del decorso delle fibre* — Il metodo consiste nel porre in evidenza con particolari modalità tecniche (metodo del Weigert, del Pal, del Golgi, ecc.) le fibre nervose e poi studiarne il cammino osservando sezioni successive di sistema nervoso centrale (sezioni in serie).

b) *Studio della mielinizzazione dei fasci* (1) — Si basa sul fatto, del quale già facemmo ricordo (cfr. pg. 109), che le fibre nervose provenienti da un medesimo nucleo o appartenenti ad uno stesso sistema, si circondano della guaina midollare contemporaneamente e che la mielinizzazione avviene in epoche diverse dello sviluppo nei singoli gruppi di fibre. Per conseguenza l'esame di sezioni in serie del sistema nervoso centrale di feti umani con diversa età ci farà riconoscere ora il decorso di un gruppo di fibre ed ora quello di un altro.

Nelle fibre a lungo decorso la mielina comincia a formarsi nel punto più vicino al corpo cellulare, cioè non appena che il neurite passa dalla sostanza grigia nella sostanza bianca, e di qui si estende poi lungo tutta la fibra; per conseguenza in tali fibre la mielinizzazione avviene in senso cellulifugo. Questo particolare non va trascurato quando si applichi il metodo predetto; per non averlo tenuto presente non pochi autori furono condotti ad interpretare come fibre diverse le stesse fibre esaminate in prossimità del corpo cellulare e lontano da esso.

Se è vero che sistemi di fibre mielinizzantesi in epoche diverse sono diversi, non è però vero che sistemi di fibre mielinizzantesi contemporaneamente siano identici; due sistemi di fibre provenienti da nuclei diversi e diversi per significato anatomico e funzionale, possono infatti rivestirsi di mielina nel medesimo tempo. Ciò dimostra come il metodo di studio basato sulla mielinizzazione dei fasci non possa bastare da solo per farci conoscere la struttura del sistema nervoso centrale; i risultati che da esso otterremo, dovranno sempre essere confrontati con quelli fornitici da altri metodi d'indagine.

c) *Metodo delle degenerazioni secondarie* — Riposa sul fatto che la cellula nervosa è il centro trofico della fibra nervosa corrispondente e quindi se un processo patologico nell'uomo od il coltello dello sperimentatore negli animali distruggono un gruppo

(1) Questo metodo d'indagine si chiama anche *metodo del Flechsig* o *metodo embriologico*.

di cellule nervose od interrompono la continuità di una o di più fibre nervose, avvengono rispettivamente delle alterazioni degenerative nel percorso della fibra o del tratto di fibra separato dalla cellula (*degenerazione cellulifuga*). Prime ad essere alterate sono le neurofibrille (Bethe, Heidenhain) che perdono la loro regolarità e non formano più dei fasci ugualmente compatti; seguono poi le alterazioni della guaina mielinica, la quale perde il il suo aspetto chiaro, si intorbida qua e là, diventa varicosa ed infine si frammenta; intanto anche il cilindrasse comincia a divenire varicoso e finisce anch'esso per frammentarsi; i residui della fibra nervosa vengono da ultimo riassorbiti e lo spazio che quella occupava, viene riempito da tessuto gliale neoformato. Particolari metodi, tra i quali primo è il *metodo del Marchi*, servono a porre in evidenza le fibre degenerate ed il tessuto di nevroglia neoformato.

Oltre alla degenerazione cellulifuga ora ricordata, la lesione della fibra determina anche una *degenerazione cellulipeta*, che si estende fino al corpo cellulare, ove si notano alterazioni delle neurofibrille e della sostanza cromatica, e che, se la fibra nervosa sezionata non si rigenera, arriva a determinare la distruzione totale della cellula nervosa.

d) Metodo degli arresti di sviluppo (metodo del Gudden). — Si basa sul fatto che la distruzione di un organo periferico fatta durante lo sviluppo è accompagnata dall'atrofia delle fibre nervose e delle corrispondenti cellule nervose che quell'organo avrebbero dovuto innervare, in conseguenza della mancanza di stimoli che a tale organo dovrebbero essere trasmessi o che da esso dovrebbero pervenire ai centri nervosi.

Tanto mancanze congenite di alcuni organi periferici come e-stirpazioni chirurgiche, specialmente se praticate nell'età giovanile (amputazioni, enucleazioni del bulbo oculare, ecc.), determinano quindi atrofie nel sistema nervoso centrale che colpiscono i centri e le fibre che sarebbero arrivate o partite dall'organo mancante; tali atrofie si possono produrre sperimentalmente negli animali. L'esame delle zone atrofiche del sistema nervoso fornisce dati interessanti per stabilire la topografia dei nuclei e delle vie centrali.

Coi metodi suddetti isolati o combinati e coll'aiuto anche di metodi puramente fisiologici, come è quello dello studio delle modificazioni della intensità delle correnti elettriche in seguito agli

stimoli delle vie nervose (metodo Gotch-Horsley), si è pervenuti a risultati veramente mirabili (1). L'applicazione di questi metodi allo *studio anatomo-comparativo del sistema nervoso centrale* ci ha permesso non solo una vasta conoscenza del nevrasso degli altri vertebrati, ma ci ha fatto ritrovare nel sistema nervoso centrale dell'uomo fasci di fibre che sono più manifesti in altri cranioti.

E mentre lo studio delle disposizioni umane ci ha condotto ad importanti conoscenze intorno alle meningi, ai vasi sanguiferi ed ai vasi linfatici del sistema nervoso centrale, l'anatomia comparata di questi organi ci ha permesso di approfondire e di modificare quelle cognizioni e di aggiungerne ad esse molte altre, che a suo tempo porremo in evidenza.

(1) Una rapida rassegna di questi risultati è esposta nella mia prelezione:
« I progressi della Nevrologia, Cagliari, 1911 ».



CAP. IV.

Midolla spinale

Definizione — La midolla spinale è la porzione del sistema nervoso centrale che si trova nel canale vertebrale.

Divideremo lo studio di quest'organo in sette paragrafi; nel § 1 ci occuperemo dei suoi *caratteri generali* (aspetto e situazione, limiti, dimensioni, peso, colore, consistenza, rapporti, mezzi di fissazione); nel § 2 ne studieremo la *forma*, nel § 3 la *struttura*, nel § 4 la *origine dei nervi*, nel § 5 la *circolazione sanguigna e linfatica*, nel § 6 lo *sviluppo*; nel § 7 daremo alcuni *cenni intorno alla anatomia comparata*. Delle meningi midollari tratteremo insieme alle meningi encefaliche in un capitolo a parte.

La denominazione latina *medulla spinalis*, dalla quale derivano le denominazioni delle principali lingue moderne, è la traduzione letterale della denominazione ippocratica e deve ritenersi per la denominazione classica; è stata adottata anche nella nomenclatura anatomica di Basilea.

La midolla ebbe questo nome perchè fu paragonata alla midolla delle ossa lunghe, essendo contenuta in un canale osseo, il canale vertebrale; ebbe poi l'appellativo *spinale* per essere situata nella colonna vertebrale (*spina dorsalis seu dorsualis*). Questa, secondo il Hyrtl, sarebbe stata chiamata in tale modo dai latini per il paragone tra essa ed il muro (*spina*) che divideva incompletamente il circo romano. Non mi pare attendibile l'interpretazione del Dotto tedesco e mi sembra invece che i Latini abbiano derivato il termine *spinalis* dai Greci. Questi (Ippocrate, Galeno) chiamavano *ρᾶχις* la colonna vertebrale dell'uomo e *σπονδυλαί* (*spinae*) i processi spinosi delle vertebre per la loro somiglianza con le produzioni simili di altri vertebrati, nei quali esse sono appuntite a guisa di spine. Nella lingua greca e nella latina il termine *spina* fu esteso a tutta la colonna vertebrale e dai Romani fu poi adoperato anche per designare il muro divisorio del circo.

Dalla decadenza romana ai tempi moderni la denominazione *medulla spinalis* riuscì a conservarsi classica, malgrado che molte volte le siano state opposte altre locuzioni. Così dal Sec. XIV al XVI si trova qualche volta la

denominazione *funiculus argenteus seu funis argenteus*; è la traduzione letterale della denominazione ebraica *Chebel hakeseph*, quale la vediamo anche nell'Antico Testamento (Ecclesiaste, Cap. 12, Vers. 6). Altra denominazione, molto frequente nell'anatomia medioevale, è il termine *nucha* (italiano *nuca*) usato per midolla spinale (Riccardo d'Inghilterra, Mondino de' Lucci, Berengario da Carpi, ecc.); questo nome proviene dall'arabo e chiaramente lo afferma Costantino Africano: « medulla spondylium lingua arabica vocantur nucha ». Forse come errata trascrizione di *nucha* è il termine *micha* che si trova in Cornelio Agrippa (*De occulta philosophia*). Qualche volta (anche in Vesalio) ho letto *medulla dorsalis* (per corruzione del latino classico *dorsualis*) e presso il Laurentius ho trovato *sacra fistula* per midolla spinale; quest'ultima denominazione è la versione letterale del nome dato dai Greci all'osso sacro, malamente applicato alla midolla spinale. Altre denominazioni dei secoli XV - XVII sono *Cerebrum longum*, *Cauda cerebri*, *Pars oblongata cerebri*.

L'aggettivo che deriva da *midolla spinale* è *midollare* (*medullaris*) e non *spinale* (*spinalis*); questo si riferisce alla colonna vertebrale (spina dors), non alla midolla spinale. Invece nell'Anatomia moderna si adopera sempre scorrettamente *spinale* nel senso di *midollare* (meningi spinali, arterie spinali, fasci spinali ecc. invece di meningi midollari, arterie midollari, vie midollari ecc.). E sì che qualunque dizionario, anche il più elementare, chiaramente determina il significato dell'aggettivo *spinale* e quello dell'aggettivo *midollare*! Noi quindi (e chi scrive ha seguito questo sistema già in molti altri scritti) useremo sempre l'aggettivo *spinale* per riferirci alla colonna vertebrale e l'aggettivo *midollare* per riferirci alla midolla spinale.

§ 1

Caratteri generali

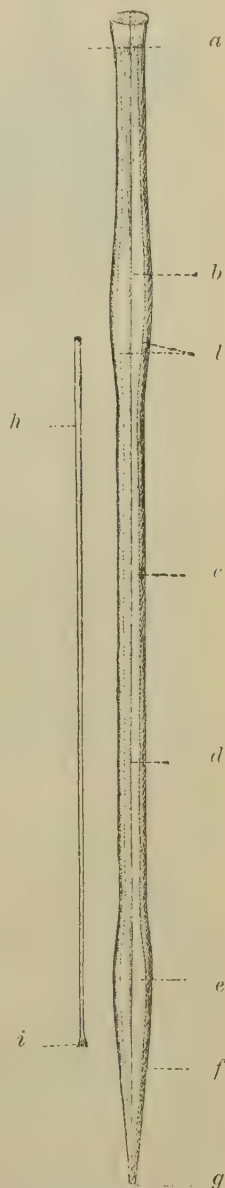
Aspetto e situazione — La midolla spinale ha la forma di un lungo cordone cilindrico col diametro medio di mm. 9.5, leggermente appiattito dall'innanzi all'indietro e con due ingrassamenti, uno superiore o *rigonfiamento cervicale* (fig. 76 *b*) e l'altro inferiore o *rigonfiamento lombare* (*e*); cranialmente si continua con l'encefalo, caudalmente si assottiglia riducendosi ad un cordoncino di appena 2 mm. di diametro (*h*), che termina (*i*) inserendosi sulla prima vertebra coccigea. Il passaggio tra la parte grossa e questo cordoncino sottile avviene piuttosto bruscamente, per mezzo di un restringimento conico che si chiama *cono midollare* (fig. 76 *f*); esso divide quindi la midolla spinale in due segmenti, uno grosso formato quasi esclusivamente da sostanza nervosa, che è la *midolla spinale propriamente detta*, l'altro sottile, costituito per la

massima parte da tessuto connettivo, che è il *filo terminale* (fig. 76). Siccome questi due segmenti hanno la medesima origine embrionale, come meglio vedremo nel § 6, ed il filo terminale per la sua semplicità di struttura merita poche parole, li studieremo insieme ed indicheremo col nome di *midolla spinale* la midolla spinale propriamente detta.

La midolla spinale è situata nel canale vertebrale, del cui lume occupa all'incirca due quinti della larghezza (fig. 77) e tre quinti della lunghezza; la sezione trasversale della midolla ha una superficie media di cm.² 0,7, mentre il canale vertebrale ha un calibro medio di cm.² 3; la lunghezza della midolla è in media di 43 cm. e quella del canale vertebrale di 75 cm. Lo spazio che intercede tra la midolla e le pareti del canale vertebrale, è occupato dalle meningi e dagli spazi meningei nei quali decorrono numerosi vasi sanguiferi e molti nervi (fig. 77). La midolla occupa solo le porzioni cervicale e toracica del canale vertebrale; nelle porzioni lombare, sacrale e coccigea si trova il filo terminale, i cui diametri sono di gran lunga inferiori a quelli del canale vertebrale.

La midolla non è posta nel mezzo del canale vertebrale, ma è avvicinata alla parete anteriore, senza però essere a contatto con essa (fig. 77); come meglio vedremo studiandone la mobilità, nel cadavere può essere a contatto con tale parete, con l'interposizione delle meningi e dei seni della endorachide, ma ciò non avviene nel vivente. Il filo terminale è circon-

Fig. 76 — Midolla spinale di adulto, vista dalla faccia anteriore ($\frac{1}{3}$ della grand. natur.). — *a*, limite superiore; *b*, rigonfiamento cervicale; *c*, porzione toracica; *d*, fessura midollare; *e*, rigonfiamento lombare; *f*, cono midollare; *g*, punto di continuazione tra la midolla spinale ed il filo terminale; *h*, *i*, estremità coccigea del filo terminale; *l*, striscie radicolari anteriori.



dato da una grande quantità di cordoni nervosi, che sono le radici dei nervi lombari e sacrali, le quali, originando dalla

midolla spinale volgono verso i rispettivi fori di coniugazione per uscire dal canale vertebrale (fig. 78); l'insieme di tali radici e del

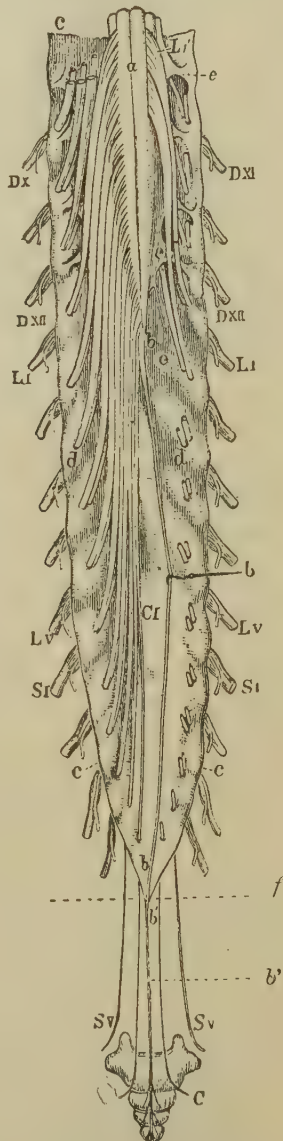


Fig. 77 — Rapporti della midolla spinale (sezione trasversale della colonna vertebrale di un cadavere congelato di adulto a livello della IX vertebra toracica (da Sterzi 1901). Grand. = $\frac{2}{3}$ natur.

Fig. 78 — Estremità inferiore della midolla spinale con la metà sinistra della coda equina, veduta dalla faccia posteriore (secondo lo Schwalbe). $\frac{1}{2}$ grand. natur. — *a*, midolla spinale; *b*, *b'*, porzione interna e *b'*, *b'*, porzione esterna del filo terminale; *c*, *c*, dura madre incisa lungo la linea mediana posteriore ed aperta; *d*, *d*, nervi spinali che attraversano la dura madre; *e*, legamento denticolato; *f*, limite tra le due porzioni del filo terminale; *DX*, *DXII*, vertebre dorsali X-XII; *LI*, *LV*, vertebre lombari I-V; *SI*, *SV*, vertebre sacrali I-V; *C*, nervo coccigeo.

filo terminale ha il nome di *coda equina* (1). Il filo terminale non è situato nel mezzo di essa, ma ne occupa il terzo posteriore; per conseguenza ha posizione opposta a quella della midolla spinale rispetto al canale vertebrale.

Dalla midolla spinale originano anteriormente e posteriormente, lungo quattro linee longitudinali di cui due sono poste ai lati della faccia anteriore e due ai lati della faccia posteriore,



(1) « *Caudam equinam dixerunt Talmudici, quae finis est medullae spinalis* ». (Haller, Bibliotheca anatom. T. 1, pg. 126).

31 paia di *radici nervose* per ogni lato; esse escono dal canale vertebrale per i fori di coniugazione e vanno a formare i *nervi spinali* (fig. 69).

La midolla spinale, come già vedemmo, è circondata dalle meningi midollari e dagli spazi interposti tra esse ed interposti tra la dura madre e l'endorachide; il filo terminale ha la medesima situazione fino a livello della II. vertebra sacrale (fig. 79), ma da questa altezza fino alla sua terminazione gli spazi meningei si arrestano bruscamente e le meningi si fondono insieme in una sola guaina, che strettamente riveste il filo terminale stesso (Sterzi). Per conseguenza nel filo terminale (fig. 79) si possono distinguere due porzioni, una *interna* (b) e l'altra *esterna* (d) (Sterzi, 1901).

Limiti — *Cranialmente* la midolla spinale si continua con l'encefalo senza che fra queste due parti del sistema nervoso centrale esista un limite anatomico netto; infatti tanto per la forma che per la minuta struttura vi è graduale passaggio dalle disposizioni tipiche dell'una e dell'altra parte. Per comodità didattica si stabilisce come limite un piano che passi tangenzialmente alla base del cranio in corrispondenza del grande foro occipitale, oppure un piano trasversale all'asse della midolla che passi ad uguale distanza tra l'ultimo filamento radicolare del nervo ipoglosso (che è l'ultimo nervo encefalico) ed il filamento radicolare craniale della radice anteriore del I. paio dei nervi spinali; i due limiti presso a poco si corrispondono e nella maggior parte dei casi sono situati a 0.5 cm. dal margine inferiore di un rafe di fibre che si osserva nella faccia anteriore del mielencefalo e che ha il nome di *incrociamiento delle piramidi* (1).

Caudalmente la midolla spinale si continua col filo terminale assottigliandosi in modo brusco, così da costituire il cono termi-

(1) In molti trattati si legge che il limite superiore della midolla spinale « viene costituito dall'incrociamiento delle piramidi »; questa è una espressione molto grossolana, perchè l'incrociamiento suddetto si estende per 6-8 mm. in lunghezza, mentre il limite deve essere determinato da un piano trasversale. Così si afferma pure che il limite superiore è costituito dai filamenti craniali delle radici del primo nervo cervicale; ma così non si tiene conto della grande variabilità delle radici posteriori di tale nervo (cfr. Origine apparente dei nervi spinali), variabilità che non permette di prendere in considerazione queste radici per stabilire il limite predetto.

nale; l'apice tronco di questo cono forma il limite inferiore della midolla (fig. 76).

Il filo terminale in alto comincia nel modo ora ricordato (fig. 78, 79); in basso termina espandendosi come un piccolo ventaglio sul periostio che riveste posteriormente il corpo della prima vertebra coccigea e continuandosi in tal guisa col legamento vertebrale comune dorsale (fig. 78, 79); dai lati del filo ad un centimetro circa dalla terminazione si dipartono 6-8 filamenti che s'inseriscono sulla faccia dorsale della 2.^a-4.^a vertebra coccigea, ai lati della linea mediana (fig. 78); i più lunghi tra essi sono quelli che si distaccano dal filo terminale più inferiormente.

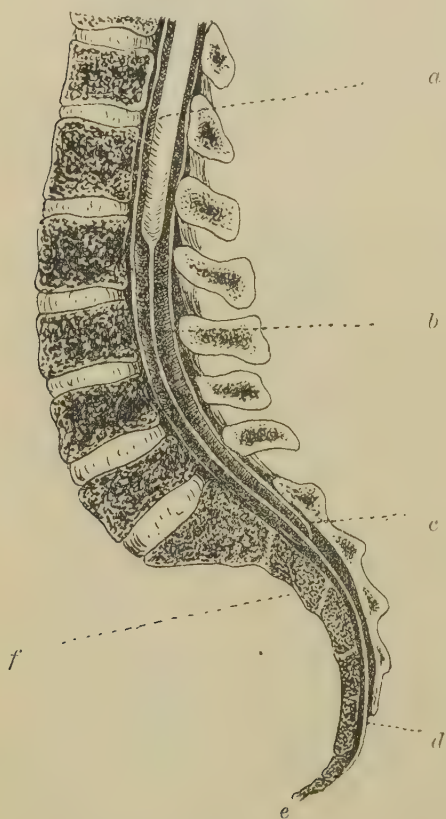


Fig. 79 — Rapporti tra l'estremità inferiore della midolla ed il filo terminale con la dura madre e col canale vertebrale (Semischematic). — *a*, midolla spinale; *b*, porzione esterna e *d*, porzione interna del filo terminale; *c*, estremità inferiore della dura madre; *e*, apice coccigeo; *f*, vertebra sacrale II.

che essa è 64/100 di quest'ultima (Fehst). Siccome la lunghezza della colonna vertebrale è direttamente proporzionale all'altezza del corpo (con certe oscillazioni etniche, che si riferi-

timetro circa dalla terminazione si dipartono 6-8 filamenti che s'inseriscono sulla faccia dorsale della 2.^a-4.^a vertebra coccigea, ai lati della linea mediana (fig. 78); i più lunghi tra essi sono quelli che si distaccano dal filo terminale più inferiormente.

Dimensioni - Lunghezza

— La *lunghezza assoluta* media della midolla spinale degli italiani è di circa 44 cm.; la si può anche calcolare sapendo che la lunghezza della midolla spinale rappresenta 64/100 della lunghezza della colonna vertebrale. Nella donna la midolla è un po' più corta che nell'uomo (43 cm.).

Queste cifre hanno un valore molto scarso e ben più importanti sono quelle che indicano la *lunghezza relativa* della midolla spinale; infatti la lunghezza di quest'organo è direttamente proporzionale a quella della colonna vertebrale e abbiamo già asserito

scono al rapporto tra l'altezza del corpo e la lunghezza degli arti inferiori), ne risulta che la lunghezza della midolla spinale varia a seconda delle razze, a seconda delle nazionalità ed in una medesima nazionalità a seconda dei tipi che la costituiscono; così ad es. nei Veneti la lunghezza media della colonna vertebrale e quindi della midolla spinale sono superiori a quelle dei Sardi meridionali.

La lunghezza della midolla è all'incirca il 26/100 della lunghezza del corpo (Charpy).

Siccome la lunghezza della colonna vertebrale subisce delle oscillazioni quotidiane in ogni individuo, aumentando durante il riposo notturno in posizione sdraiata e diminuendo in seguito alla stazione eretta o seduta (la variazione di lunghezza è di circa 3 cm.: Merkel), e siccome la midolla spinale è strettamente unita alle pareti del canale vertebrale per tutti i mezzi di fissazione che studieremo in seguito, ne consegue che la lunghezza della midolla deve subire delle oscillazioni quotidiane.

La lunghezza relativa della midolla rispetto a quella della colonna vertebrale è tanto maggiore quanto più ci si avvicina all'età della nascita; infatti nel neonato ho trovato che la lunghezza della midolla è 75/100 di quella della colonna vertebrale (media di tre osservazioni) e nel bambino di un anno è 71/100 (media di quattro osservazioni).

La lunghezza assoluta media del filo terminale è di 26 cm.; siccome questa lunghezza dipende da quella della midolla, valgono per essa le medesime considerazioni che abbiamo fatto sopra riguardo alla scarsa importanza della lunghezza assoluta. La porzione interna del filo terminale è 61/100 della lunghezza assoluta e la porzione esterna 39/100 (rispettivamente cm. 16 e cm. 10). La lunghezza relativa del filo terminale rispetto a quella della colonna vertebrale ed a quella del corpo si comporta come quella della midolla; essa è 36/100 della prima e 74/100 della seconda. Il filo terminale relativamente alla colonna vertebrale è più corto nel neonato (25/100) che nell'adulto (36/100); ciò dipende dal fatto che nei primi tre mesi della vita fetale la midolla ed il canale vertebrale sono lunghi egualmente, ma poi questo si allunga più di quella e perciò il cono midollare si allontana sempre più dal coccige (*ascensione della midolla spinale*); il segmento terminale della midolla si allunga allora rapidamente e si trasforma nel filo terminale.

Diametri — Nella midolla si possono considerare due diametri, uno sagittale e l'altro frontale; avendo l'organo la forma di un cilindro schiacciato in senso frontale, il diametro trasverso è sempre il più lungo. La presenza dei due rigonfiamenti fa sì che i diametri midollari siano diversi secondo le regioni; nella midolla di un cadavere congelato di uomo di 50 anni, con colonna vertebrale lunga 720 mm. ho trovato (Sterzi, 1901) le seguenti misure all'altezza della faccia superiore delle vertebre rispettivamente indicate:

VERTEBRE	DIAMETRO sagittale	DIAMETRO frontale	SUPERFICIE delle sezioni trasversali
I cervicale	mm. 10.5	13	mm. ² 107.15
II »	10	11	» 102.05
III »	10	11	» 102.05
IV »	11.5	15	« 132.64
V »	10	14	» 109.90
VI »	10	15	» 117.75
VII »	10	11.5	» 99.26
I dorsale	9	10	» 70.65
II »	9	10	» 70.65
III »	8.5	10	» 66.72
IV »	8	9	» 56.52
V »	8	9	» 56.52
VI »	8	9	» 56.52
VII »	8	9	« 56.52
VIII »	8	9	» 56.52
IX »	9	10	» 70.65
X »	9	10	» 70.65
XI »	9.5	10.5	» 78.30
XII »	9	11	» 77.71
I lombare	9	10	» 70.65
II »	3.5	3.5	» 9.62
III »	1	1	» 0.785
IV »	1	1	» 0.785
V »	1	1	» 0.785
I sacrale	1	1	» 0.785
II »	1	1	» 0.785

La tabella dimostra che i rigonfiamenti sono prodotti specialmente per l'aumento del diametro frontale e che il rigonfiamento cervicale comincia all'estremità superiore della midolla, in maniera che tra esso ed il mielencefalo non si trova un tratto sottile. Quindi nella midolla si devono distinguere i due rigonfiamenti più volte menzionati, un lungo tratto intermedio sottile ed il cono midollare (fig. 76).

Peso — Il *peso assoluto* della midolla spinale è di 28 gr.; le variazioni che menzionammo rispetto alla lunghezza influiscono naturalmente anche sul peso assoluto e così vengono spiegate le notevoli diversità nelle cifre date dai diversi Autori, come dimostrano i seguenti pesi:

Henle	da gr. 25 a gr. 30
Krause W.	» » 34 » » 38
Sappey	» » 25 » » 30
Mies	» » 24 » » 33.3
Krause R.	» » 27-28 (peso medio)
Bischoff	gr. 28 nell'uomo, 26.4 nella donna
Baistrocchi	» 28.7 » » 26 » »
Jensen (1)	» 38.2 » » 32.4 » »

In sei cadaveri di uomini adulti alti in media m. 1.66 ho trovato che la midolla, privata delle radici dei nervi e del filo terminale e rivestita dalla pia madre, pesava in media gr. 40.2; togliendo da questo il peso medio della pia madre (gr. 12.2: Sterzi 1901), ne risulta un peso di gr. 28 per la midolla spogliata dalla meninge.

La midolla spinale della donna pesa circa due grammi di meno di quella dell'uomo e ciò dipende dal fatto che la sua lunghezza è un po' minore, la qual cosa naturalmente sta in rapporto con le minori dimensioni del corpo femminile. Nel neonato il peso della midolla è di 2-6 gr. (Mies), quindi in media di 4 gr. Nella vecchiaia il peso assoluto della midolla non si modifica sensibilmente, perchè l'atrofia senile si manifesta in modo quasi trascurabile in quest'organo (Charpy).

(1) È da notare che il materiale esaminato da questo autore proveniva da un manicomio e che molte malattie del sistema nervoso si accompagnano ad un aumento nel suo peso.

Il peso della midolla è direttamente proporzionale all'altezza del corpo, perchè questa è in proporzione diretta con la lunghezza della colonna vertebrale (cfr. pg. 143).

Il *peso relativo* a quello del corpo, secondo le mie misurazioni fatte nei 6 cadaveri sopra accennati, nei quali il peso medio del corpo era di Kg. 65, mi è risultato di $1/2321$; il Mies ha trovato invece che il peso della midolla è $1/1848.5$ del peso del corpo. Nel neonato questo peso relativo è molto maggiore e secondo il Mies sarebbe di $1/851.4$ del peso del corpo; tale fatto è in rapporto con le dimensioni maggiori della midolla spinale.

Il peso della midolla è $1/46.7$ di quello dell'encefalo nell'uomo di nazionalità italiana ed $1/45$ nella donna (calcolando il peso encefalico come venne indicato nel capitolo precedente). Per le altre nazionalità furono date cifre diverse, che sono varie a seconda degli autori; la diversità più che a differenze delle famiglie umane (le quali certamente esistono), dipende dalla diversità del materiale su cui vennero praticate le pesature. Del resto intorno a questo argomento torneremo più a lungo quando ci occuperemo del peso dell'encefalo. Però, siccome il peso encefalico diminuisce certamente passando dalle razze umane superiori alle inferiori, ne risulta che il quoziente della frazione suddetta aumenta nelle razze meno civili.

A misura che dall'età adulta ci si avvicina all'epoca della nascita si nota che aumenta la sproporzione tra il peso della midolla e quello dell'encefalo a vantaggio di quest'ultimo; nel neonato il peso della midolla è infatti $1/117$ di quello dell'encefalo (Mies) e nella neonata è $1/113$. Nel feto la sproporzione diminuisce; in un feto di cinque mesi fu trovato un peso di midolla che rappresentava $1/101$ di quello dell'encefalo (Mies) ed in un feto di tre mesi fu trovato che era solo $1/18$. Nella età senile il peso encefalico diminuisce alquanto e per ciò diminuisce anche il denominatore della frazione suddetta.

Confrontando poi il peso della midolla con quello dell'encefalo nella serie dei vertebrati, si nota che la differenza tra i due pesi diminuisce a misura che si discende nella scala zoologica, sino a che nei rettili, negli anfibi e nei pesci si trova che l'encefalo pesa come la midolla o pesa meno della midolla; già il Sömmerring nel 1798 aveva riconosciuto che nell'uomo si ha la maggior differenza tra i due pesi. Indicando con 1 il peso della midolla, si hanno a mo' d'esempio i seguenti pesi dell'encefalo:

Homo (di nazionalità italiana: Sterzi)	1 : 46.7
Macacus nemestrinus (Keith)	1 : 7.2
Semnopithecus obscurus (Keith)	1 : 6.1
Vespertilio serotinus (Ziehen)	1 : 5.1
Canis familiaris (Ranke) - (secondo la razza)	1 : 4.5 - 9
Ovis aries (Ziehen)	1 : 2.5
Equus caballus (Ranke)	1 : 2.5
Bos taurus (Ranke)	1 : 2.1
Testudo serrata (Treviranus)	1 : 0.64
Chelone midas (Mies)	1 : 0.32 - 0.30
Acanthias vulgaris lungo cm. 29 (Sterzi)	1 : 1.1
Raja miraletus lunga cm. 40 (Sterzi)	1 : 0.97
Torpedo ocellata lunga cm. 35 (Sterzi)	1 : 0.87

Negli uccelli si trovano pesi encefalici ora bassi ed ora molto elevati rispetto a quelli della midolla spinale, sempre però lontani dal peso relativo dell'encefalo umano; così ad es., usando il rapporto della tabella riportata sopra, si hanno le seguenti cifre:

Corvus cornix (Ziehen)	1 : 11.4
Sturnus vulgaris (Mies)	1 : 14.92
Fringilla domestica (Ranke)	1 : 10.3
Fringilla carduelis (Sterzi)	1 : 11
Pica caudata (Leuret)	1 : 9.25
Gallus domesticus (Sterzi)	1 : 1.9

Il *peso specifico* medio della midolla dell'uomo è diverso secondo gli autori:

Uomo 1.0387	Donna 1.0348	Baistrocchi
» 1.018 - 1.037	» 1.024 - 1.039	Nasse
» 1.034		Rauber
» 1.0343		Krause

Il peso specifico è massimo nel feto (Baistrocchi); così al terzo mese di vita fetale è 1.090 ed all'ottavo mese 1.078; diminuisce nel neonato e da questa età fino alla più tarda vecchiaia si mantiene costante (Baistrocchi).

Colore — La midolla spinale è di colore bianco lucente se spogliata dalla pia madre; è di colore bianco sul quale si disegnano in sanguigno-bruno le vene, solitamente ripiene di sangue, quando la pia meninge la ricopre. In questo caso nella porzione cervicale ed in ispecial modo anteriormente, presenta un colore bianco-sudicio dovuto a cellule pigmentarie della meninge. Il colore

bianco è quello della sostanza bianca, che nella midolla spinale trovasi superficialmente. Anche quando la pia madre sia lasciata in sito, nella faccia posteriore del cono terminale subito sopra al filo terminale si osserva una piccola area fusiforme, con l'asse maggiore diretto sagittalmente, lunga circa 5 mm. e larga 2 mm., che ha colore grigio; corrisponde al ventricolo terminale.

Consistenza — La midolla spinale ha una consistenza superiore a quella dell'encefalo e gli anatomici sono d'accordo nell'asserire che questo fatto si deve alla presenza della sostanza bianca alla superficie della midolla. Non vi è dubbio che la sostanza bianca è più consistente della grigia e quindi la sostanza bianca influisce nel determinare la notevole consistenza della midolla. Ma tale consistenza è sopra tutto dovuta alla compressione esercitata dalla pia madre sulla sostanza nervosa, compressione che si dimostra oltre che con le misurazioni, anche semplicemente incidendo la midolla ed osservando che se questa è molto fresca, i margini dell'incisione si allontanano, e se è rammollita per fatto cadaverico, la sostanza nervosa sporge dalle labbra della ferita (Sterzi, 1901). La pia madre encefalica è più sottile della midollare e quindi meno intensamente comprime la sostanza nervosa.

La consistenza della midolla del giovane e del bambino è superiore a quella dell'adulto e del vecchio perchè l'elasticità della pia madre è maggiore nell'età giovane (Sterzi, 1901).

Elasticità — Di questa importante proprietà della midolla spinale gli autori non fanno menzione. La midolla è notevolmente elastica e lo si immagina anche teoricamente pensando che essa è fissata da una grande quantità di mezzi alla colonna vertebrale e che quindi si deve allungare quando la colonna aumenta le sue curve, come accade in molti movimenti del corpo, si deve accorciare quando la colonna ritorna nella sua posizione di riposo. Inoltre le oscillazioni quotidiane della lunghezza della colonna vertebrale, di cui già facemmo menzione a pg. 143, devono pure porre in giuoco l'elasticità della midolla.

Questa elasticità non è solo dovuta alla elasticità delle meningi ed in particolar modo a quella della pia madre midollare (e di questa elasticità ci occuperemo studiando questa meninge), ma è inerente alla midolla stessa e dipende dalla elasticità della

sostanza bianca (cfr. a pg. 82). Per studiare il potere elastico di tale sostanza ho isolato dei cilindretti di sostanza bianca midollare del diametro di 5 mm. e lunghi 3-4 cm., togliendoli dalla midolla spinale di un cadavere di giovane robusto, deceduto da 24 ore nell'inverno, quindi da un cadavere molto fresco; ho fissato questi cilindretti ad una estremità ed all'altra ho appeso un cestellino con dei pesi. In tal guisa ho trovato che i cilindretti in questione sopportavano un peso di 35 gr. e con questo peso si allungavano di 1.5 mm. per ogni centimetro di lunghezza; tolti i pesi dal cestellino i cilindri si accorciavano sino a riprendere esattamente la lunghezza primitiva. Da ciò ne consegue subito che se si spoglia la midolla spinale dalle meningi, essa deve essere elastica; e di fatti sperimentando nella midolla spinale predetta in corrispondenza della porzione toracica dopo averla spogliata dalla pia madre ho trovato che un segmento di essa lungo 10 cm. sopportava un peso di 200 gr. e che con questo peso (che è il massimo che poteva sopportare, perchè con 215 gr. essa si rompeva) si allungava di 4 mm. ogni centimetro e riprendeva esattamente la lunghezza primitiva togliendo i pesi dal cestellino.

La sostanza grigia non offre quasi alcuna resistenza alla tensione; un cilindretto di questa sostanza formato dalla colonna anteriore e lungo 2 cm. si rompe col peso di 2 gr.

Le predette indagini permettono anche di determinare la *resistenza alla tensione* della midolla spinale. Come meglio vedremo studiando la pia madre, siffatta resistenza è notevole nella midolla spinale circondata dalla sua meninge, perchè questa la comprime strettamente e perchè è essa medesima elastica. Ma anche nella midolla spinale spogliata dalla pia madre la resistenza alla tensione è abbastanza spiccata, perchè un tratto di midolla lungo 10 cm. nella parte toracica sopporta un peso inferiore a 215 gr.; tale resistenza è quasi intieramente dovuta alla sostanza bianca, un cilindretto della quale lungo 3 cm. e del diametro di 5 mm. si rompe col peso di 45 gr.

Tanto l'elasticità che la resistenza hanno i caratteri sopra riferiti nel senso della lunghezza della midolla; in senso trasversale sono quasi nulle.

Rapporti — Si devono distinguere i rapporti generali della midolla spinale e del filo terminale con le pareti del canale vertebrale dai rapporti speciali tra le varie porzioni della midolla

e del filo terminale con le vertebre; questi ultimi rapporti costituiscono la *topografia vertebro-midollare*.

Rapporti generali — Abbiamo già notato che la midolla è più piccola del canale vertebrale, che ne occupa normalmente la parte ventrale e che è circondata dalle tre meningi midollari (fig. 80). Con l'interposizione di questi invogli, tra i quali si trovano gli spazi intraracnoidale e intradurale, la midolla è in rapporto con le pareti del canale vertebrale, tappezzate dall'*endorachide* (fig. 80, *i*), che in corrispondenza delle ossa ne constitui-

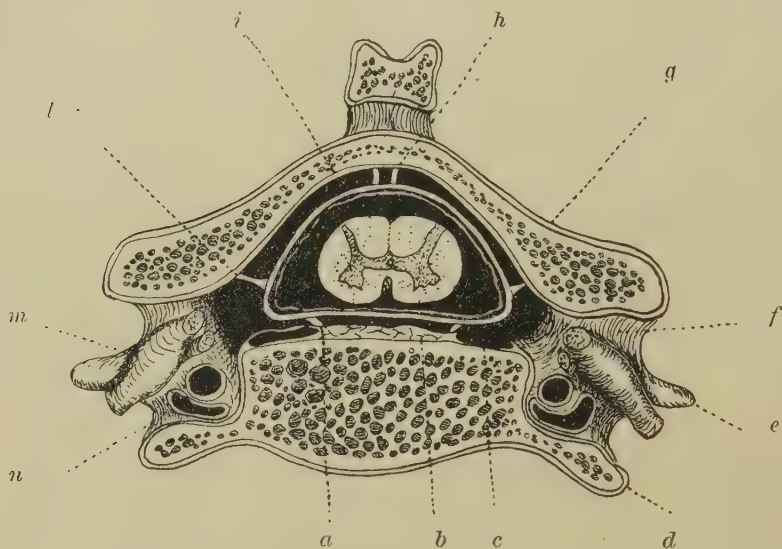


Fig. 80 — Rapporti della midolla spinale (sezione trasversale a livello della VI vertebra cervicale da un cadavere congelato di uomo di 53 anni: semischematicamente). Ingr. 1 : 1.25. — *a*, legamento meningo-vertebrale anteriore; *b*, legamento vertebrale comune posteriore; *c*, seno intravertebrale; *d*, *e*, tubercolo anteriore e post-riore dell'apofisi trasversa; *f*, foro di coniugazione; *g*, perirachide; *h*, legamento meningo-vertebrale posteriore; *i*, endorachide; *l*, legamento meningo-vertebrale laterale; *m*, ganglio spinale; *n*, arteria e vena vertebrale.

sce il periostio, mentre in corrispondenza dei legamenti si confonde con essi. Anteriormente l'endorachide è percorsa dal *legamento vertebrale comune posteriore* (*b*) ed ai lati di questo da due grandi seni venosi (*c*; *seni intravertebrali*: Sterzi 1901), omologhi a quelli di tutti gli altri mammiferi. Lateralmente si continua attraverso ai fori di coniugazione col periostio esterno delle vertebre o *perirachide* (*g*) e posteriormente riveste la faccia interna delle la-

mine vertebrali e si confonde coi legamenti gialli. Mentre la parete anteriore e le pareti laterali del canale vertebrale presentano una relativa regolarità, la parete posteriore in corrispondenza di ogni paio di legamenti gialli mostra un infossamento prismatico, diretto trasversalmente; gli infossamenti vengono separati per mezzo di sporgenze trasversali, formate dai margini craniali delle lamine vertebrali. Questi infossamenti mancano nelle regioni cervicale e sacrale, sono molto sviluppati nella regione lombare e provengono dal fatto che i legamenti gialli cranialmente si inseriscono alla superficie anteriore delle lamine e caudalmente su quella posteriore (Sterzi, 1901). A livello dell'atlante e dell'epistrofeo invece

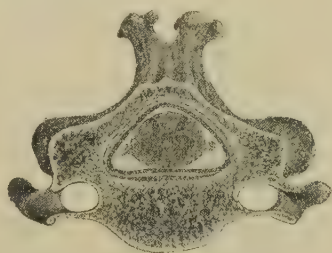
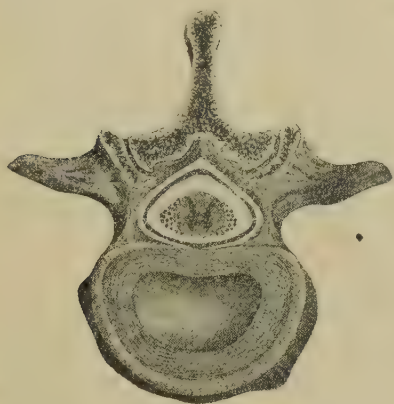


Fig. 81 — Rapporti della midolla spinale a livello della IV vertebra cervicale (come nella fig. 77).

Fig. 82 — Rapporti della midolla spinale a livello della I vertebra lombare (come nella fig. 77).

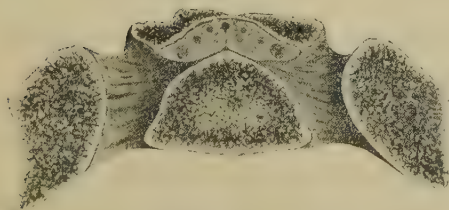


Fig. 83 — Rapporti del filo terminale esterno a livello della II vertebra sacrale (come nella fig. 77).

del legamento vertebrale comune si trova la membrana tectoria che copre il legamento crociato, i legamenti laterali inferiori di Arnold, i legamenti alari ed infine il dente dell'epistrofeo.

La forma del canale vertebrale non corrisponde a quella della midolla; infatti esso è prismatico-triangolare con un angolo volto indietro nel collo (fig. 81), è cilindrico nel torace (fig. 77), è di nuovo prismatico-triangolare nella porzione lombare (fig. 82) ed ha sezione semilunare con la concavità anteriormente nel sacro (fig. 83). Le sue dimensioni corrispondono a quelle della

midolla per il rigonfiamento cervicale e per la porzione dorsale, ma non corrispondono nel resto perchè il rigonfiamento lombare è posto in un tratto di canale vertebrale poco ampio ed il filo terminale interno in un tratto invece molto ampio.

Tra la dura madre e l'endorachide si trova lo spazio peridurale (fig. 81-82), che anteriormente è una semplice fessura (tranne che a livello della piegatura lombo-sacrale della colonna vertebrale, ove ha notevoli dimensioni anche anteriormente); posteriormente e lateralmente questo spazio viene riempito da tessuto gelatinoso nel bambino ed adiposo molle nell'adulto, entro al quale decorrono i legamenti meningo-vertebrali (fig. 80, *a, e, h*) ed i plessi venosi intravertebrali. Al di sotto della II vertebra sacrale il canale vertebrale è riempito da tessuto adiposo molle con scarse vene (fig. 83), in cui decorrono nel mezzo e vicino alla parete dorsale il filo terminale esterno, ai lati del quale si trovano gli ultimi nervi sacrali ed i nervi coccigei.

Topografia vertebro-midollare — I rapporti tra le vertebre ed i limiti delle varie porzioni della midolla spinale sono in generale i seguenti (Sterzi, 1901): *

<i>Rigonfiamento cervicale</i>	{	Piano tangenziale al grande foro occipitale
<i>Porzione dorsale</i>	{	Faccia superiore del corpo della III vertebra dorsale
<i>Rigonfiamento lombare</i>	{	Faccia superiore del corpo della IX vertebra dorsale
<i>Cono terminale</i>	{	Faccia inferiore del corpo della I vertebra lombare
<i>Filo terminale interno</i>	{	Metà superiore del corpo della II vertebra lombare
<i>Filo terminale esterno</i>	{	Corpo della II vertebra sacrale
	{	II vertebra coccigea

Questi rapporti presentano però piccole oscillazioni individuali, perchè il limite inferiore della midolla varia tra la metà inferiore del corpo della I vertebra lombare e la metà omonima del corpo della II vertebra lombare.

Sebbene non si abbiano notizie in proposito, si può tuttavia asserire che questi rapporti non variano in un medesimo individuo, sebbene la colonna vertebrale si allunghi durante il riposo in posizione distesa e si accorci in seguito alla stazione eretta; questa oscillazione quotidiana della lunghezza della colonna vertebrale, di cui abbiamo già fatto cenno (pg. 143), non può farsi risentire sui rapporti vertebro-midollari perchè la midolla, legata

com'è lungo tutta la sua estensione alla colonna vertebrale, deve subirne le medesime oscillazioni di lunghezza.

In casi eccezionali il limite inferiore della midolla può trovarsi alla XI dorsale (Keuffel) o al margine superiore della III vertebra lombare (Waring). Non è assodato che vi siano differenze sessuali a tale riguardo, sebbene alcuni Anatomici sostengano che la midolla della donna scende un po' più in basso di quella dell'uomo; si tratta di una di quelle affermazioni che vengono ripetute senza che abbiano alcun fondamento. Poco è noto riguardo a differenze etniche; Fest asserisce che nei Russi la midolla arriva un po' più in alto (tra la metà e la faccia inferiore del corpo della I vertebra lombare).

Riguardo alla età i rapporti tra la midolla spinale e la colonna vertebrale non subiscono variazioni dall'età adulta alla vecchiaia; sono invece grandissime le differenze tra l'età fetale e l'infanzia paragonate all'età adulta. Nell'embrione di un mese la midolla è lunga quanto il canale vertebrale (fig. 84); allora il cono terminale giunge col suo apice all'estremità di questo canale ed il filo terminale è brevissimo e rappresentato da un corto cordone contenuto nel tessuto sottocutaneo della regione coccigea. In seguito la colonna vertebrale si allunga più della midolla e per conseguenza l'apice della midolla si allontana dall'apice del coccige; questo fenomeno è noto col nome di *ascensione della midolla spinale*. In un feto umano al 4.^o mese la midolla arriva col suo apice alla 3.^a vertebra sacrale, al 6.^o mese è alla 1.^a vertebra sacrale, alla nascita arriva alla 3.^a vertebra lombare; dopo la nascita la colonna vertebrale seguita a crescere più rapidamente della midolla fino all'età adulta e per ciò nel bambino l'apice del cono terminale si trova tanto più in alto quanto più aumenta l'età.

La sproporzione tra l'accrescimento della colonna vertebrale e quello della midolla è diversa nei vari segmenti della colonna vertebrale (Pfitzner): la colonna cervicale si allunga come la

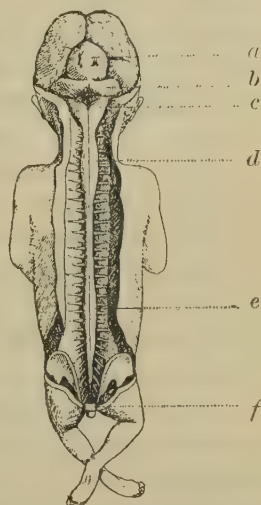


Fig. 84 — Sistema nervoso centrale di un embrione umano di 3 mesi, posto allo scoperto dalla faccia posteriore (dal Kölliker). — *a*, mesencefalo; *b*, cervelletto; *c*, mielencefalo; *d*, rigonfiamento cervicale; *e*, rigonfiamento lombare; *f*, coccige.

midolla; la colonna toracica al principio della vita fetale si allunga più della midolla, ma dopo la nascita si allunga prima come la midolla e poi meno della midolla; la colonna lombare ed il sacro si allungano invece durante tutto il loro accrescimento più della midolla.

L'ascensione della midolla, oltre al produrre importanti modificazioni sulla direzione delle radici nervose che a suo tempo esamineremo (obliquità delle radici, formazione della coda equina, ecc.), determina la produzione del filo terminale. Il tratto più caudale della midolla rimane infatti fissato al tegumento della regione coccigea e per ciò in seguito all'ascensione predetta viene stirato continuamente e si allunga a poco a poco, trasformandosi nel filo terminale. Come vedremo nell'apposito capitolo che riguarda le meningi, l'ascensione della midolla è accompagnata anche da un'*ascensione delle meningi* (Sterzi, 1901), che si arresta però alla 2.a vertebra sacrale (fig. 79).

Mezzi di fissazione — La midolla spinale è contenuta in un tubo fibroso, fissato alle pareti del canale vertebrale e quindi immobile rispetto ad esse, che è il tubo della dura madre o *tubo durale*; ad esso si adatta l'aracnoide e nello spazio intraracnoidale, riempito dal liquido omonimo, sta la midolla rivestita dalla pia madre (fig. 80). Essa ne occupa la parte anteriore ed è mantenuta fissa in questa posizione:

a) dalle numerose radici nervose, rivestite da guaine fibrose provenienti dalle meningi, le quali si fissano al periostio che tappezza i fori di coniugazione, da esse attraversati:

b) da speciali legamenti tesi tra la pia madre ed il tubo durale (legamenti denticolati, legamento ventrale) e dal tessuto connettivo molle che riempie lo spazio intraracnoidale:

c) dalla continuazione della midolla spinale con il mielencefalo, che è fissato nella sua posizione:

d) dal filo terminale interno, il quale è unito all'apice del tubo durale, che a sua volta è fissato alle pareti del canale vertebrale.

I suddetti legamenti impediscono alla midolla di spostarsi nello spazio che la contiene; nel cadavere si osservano spostamenti in seguito al mutare della posizione del corpo (Sterzi, 1901), ma sono dovuti alla diminuzione del liquido intraracnoidale ed allo svuotamento dei vasi intravertebrali (per i quali fattori

diminuisce la pressione intravertebrale) nonchè alla diminuita tensione dei mezzi di fissazione che consegue alla morte.

Le curvature che si producono per i movimenti della colonna vertebrale naturalmente si fanno risentire anche sulla midolla spinale; le esperienze fatte nei cadaveri (Sterzi, 1901) dimostrano che la midolla si avvicina a quella delle pareti del tubo durale che forma la curva di minore raggio. Gli spostamenti avvengono più in quelle parti nelle quali il tubo durale è più ampio rispetto alla midolla, cioè nella porzione dorsale ed in corrispondenza del rigonfiamento lombare. Nel collo gli spostamenti sono insignificanti.

Durante la flessione in avanti della colonna vertebrale la midolla poggia direttamente sul tubo durale; durante la flessione laterale si avvicina alla parete laterale di questo tubo, senza però toccarla; durante l'estensione si avvicina sensibilmente alla parete dorsale. Nella posizione eretta la midolla è vicina alla parete anteriore del tubo durale (Sterzi, 1901).

§ 2

Forma

La midolla spinale presenta particolarità morfologiche molto importanti; non si può dire altrettanto del filo terminale, che è cilindrico, di colore bianco uniforme e solamente si mostra schiacciato dall'innanzi all'indietro presso alla sua estremità.

Nello studio della forma si deve distinguere la conformazione della midolla, quale ci appare esaminandola dall'esterno, e la conformazione intima, quale cioè si vede dopo aver sezionato l'organo.

Esaminiamo prima la *conformazione esterna della midolla spinale*, poi la sua *conformazione interna* ed infine la *conformazione del filo terminale*.

Conformazione esterna della midolla spinale

Osservando la midolla dall'esterno vi notiamo una direzione speciale, dei rigonfiamenti, origini dei nervi e particolarità caratteristiche nelle singole faccie che vi si possono delimitare. Per

osservare queste particolarità bisogna spogliare la midolla dalla pia madre che strettamente la riveste; tale operazione non si può compiere altro che in midolle spinali indurite per qualche tempo in un mezzo qualsiasi e specialmente nelle soluzioni di bicromato di potassa od in formalina al 3-5 0/0.

Direzione — La midolla spinale non è rettilinea, ma presenta delle curvature che corrispondono in parte a quelle della colonna vertebrale (1). Andando dall'alto al basso presenta infatti una leggiera *curvatura cervicale* con la convessità volta anteriormente, che corrisponde alle prime quattro vertebre cervicali (fig. 85, *b*) e che comprende quindi la parte superiore del rigonfiamento cervicale; segue una profonda *curvatura toracica* (*c*), con la convessità volta posteriormente, che dalla 5^a vertebra cervicale si estende fino alla 10^a vertebra dorsale, presentando il tratto più convesso in corrispondenza della 4^a-5^a vertebra dorsale, e che comprende la parte inferiore del rigonfiamento cervicale, tutta la porzione dorsale e la parte superiore del rigonfiamento lombare della midolla; alla curvatura toracica tien dietro una leggerissima *curvatura lombare* (*d*) con la convessità volta anteriormente, che va dalla 11^a vertebra dorsale alla 1^a-2^a lombare e che comprende la parte inferiore del rigonfiamento lombare ed il cono terminale. Quest'ultima curvatura è opposta a quella del canale vertebrale (fig. 85) ed è una conseguenza dell'ascensione della midolla; quando questa occupa tutto il canale vertebrale (cfr. pg. 153), presenta in basso una curva sacrale con la convessità volta in avanti e quando risale nel canale vertebrale, trovandosi in uno spazio abbastanza ampio, conserva traccia di questa curvatura fetale.

Le curvature della midolla sono proprie a quest'organo; infatti se lo si estrae dal canale vertebrale e lo si pone in sospensione in un liquido che abbia una densità di 1,04 circa (cioè che abbia densità simile alla midolla), si vedono le curve mantenersi come se la midolla fosse tenuta in sito dai suoi legamenti.

È probabile che la midolla, come il canale vertebrale, presenti anche una piccola curva frontale con la convessità a destra a livello della III-V vertebra toracica.

(1) La descrizione seguente diversifica da quelle che si trovano nei trattati di Nevrologia ed è basata su osservazioni personali dell'Autore.

Rigonfiamenti — Abbiamo già veduto che la midolla presenta due *rigonfiamenti* ⁽¹⁾ separati per mezzo della *porzione dorsale*, e che termina col *cono terminale*. I rigonfiamenti si chiamano *cervicale* e *lombare* perchè da essi originano specialmente i nervi omonimi; abbiamo già notato che la loro corrispondenza con le vertebre dello stesso nome è solo parziale (cfr. a pg. 152); la presenza dei rigonfiamenti dipende da quella degli arti, ed infatti essi compaiono quando si formano gli arti e da essi originano i nervi che a questi si distribuiscono; quando non si formano gli arti o ne mancano alcuni (amelia totale o parziale) o quando si sviluppano solo le loro estremità (focomelia) i rigonfiamenti mancano; nella micromelia (arresto di sviluppo di uno o di più arti) il rigonfiamento od i rigonfiamenti corrispondenti sono abnormemente piccoli.

I limiti tra i rigonfiamenti e la parte dorsale della midolla sono artificiali, perchè i rigonfiamenti sono fusiformi e si riducono a poco a poco, fino a prendere il calibro della parte dorsale (fig. 76); altrettanto deve dirsi per il limite tra il rigonfiamento lombare ed il cono terminale. Volendo stabilire dei limiti artificiali bisogna riferirsi alle origini delle radici dei nervi ed allora si può ritenere

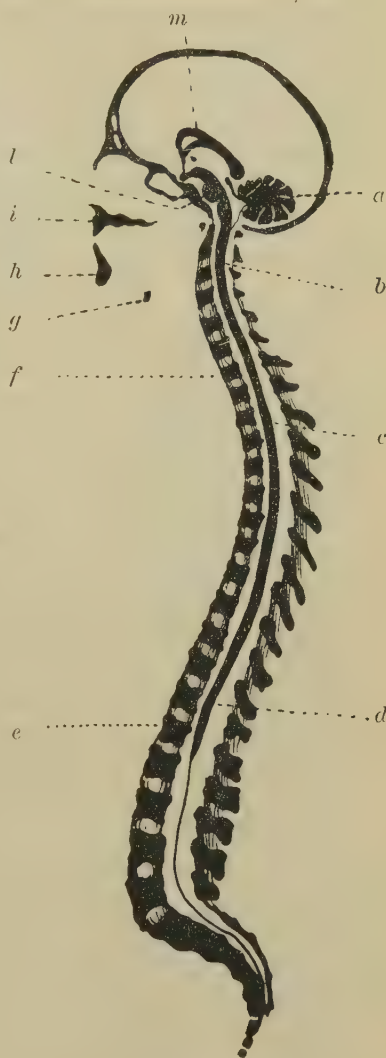


Fig. 85 — Curve sagittali della midolla spinale e della colonna vertebrale (da una sezione sagittale mediana di un cadavere congelato di uomo di 40 anni). — a, cervelletto; b, curvatura cervicale; c, curvatura toracica; d, curvatura lombare; e, vertebra lombare I; f, vertebra cervicale VII; g, ioide; h, mandibola; i, mascella; l, ponte; m, corpo calloso.

(1) Molti autori ammettono un segmento superiore della midolla, tra il

che il rigonfiamento cervicale comprende il tratto di midolla dal quale originano le radici cervicali e quelle dei primi due nervi toracici; che la porzione dorsale è il tratto di midolla da cui si dipartono le radici dei nervi dorsali III-XII; che il rigonfiamento lombare dà origine alle radici dei nervi lombari e sacrali; che il cono terminale dà origine alle radici dei nervi coccigei.

I rigonfiamenti sono fusiformi e differiscono leggermente l'uno dall'altro: il rigonfiamento cervicale (fig. 76, *b*) partendo dalla parte mediana diminuisce in uguale misura, così da avere la forma di un fuso; invece il rigonfiamento lombare (*e*) diminuisce rapidamente in alto e lentamente verso il cono terminale. Questa diversa forma dei rigonfiamenti si constata bene misurando i diametri di una midolla indurita (ed in base a queste misure fu fatta appunto la fig. 76).

Cono terminale — Il cono terminale si continua senza un limite naturale che lo divida dal resto della midolla; prenderemo come limite il piano orizzontale che passi nel mezzo tra le aree radicolari del quinto paio di nervi sacrali e quelle del primo paio di nervi coccigei (Charpy). Il limite inferiore è costituito dal piano trasversale che passa per l'estremità superiore del filo terminale; questa estremità è difficile a determinare perchè di solito il cono terminale si assottiglia gradatamente per continuarsi nel filo; in media si trova a 2 cm. di distanza dal limite superiore.

In corrispondenza del passaggio tra cono terminale e filo terminale nella faccia posteriore notasi una piccola rilevatezza ellissoidale di colore grigio, che ha il diametro maggiore diretto verticalmente e che spesso si continua per breve tratto nel filo terminale come una linea grigiastra; essa corrisponde ad un ventricolo che troveremo nella midolla. Talvolta è divisa in due da una linea bianca, che seguita il solco mediano posteriore.

Striscie radicolari — Le radici dei nervi spinali originano dalla superficie della midolla (origine apparente) per mezzo di numerosi filuzzi o *radicole*, situati l'uno dopo l'altro lungo quattro *striscie radicolari* (fig. 86), due anteriori e due posteriori; le radi-

limite superiore ed il rigonfiamento cervicale; tale segmento non esiste (cfr. a pg. 145).

cole si raccolgono segmentariamente in fasci o *radici*, distinte in *anteriori* (fig. 86, *d*) ed in *posteriori* (fig. 87, *d*). Le radici anteriori sono pari e simmetriche e così pure le posteriori (fig. 90); ogni radice anteriore ad una certa distanza dalla midolla si unisce con la corrispondente posteriore per formare un *nervo spinale* (*h*).

Le *striscie radicolari anteriori* (fig. 86, *b*) si estendono lungo tutta la midolla spinale e decorrono parallele tra loro solo nella porzione dorsale della midolla, ove distano l'una dall'altra circa 6 mm. (fig. 76); nei rigonfiamenti si scostano l'una dall'altra (fig. 76, *l*), e non si allontanano nel medesimo grado col quale si rigonfia la midolla, ma in un grado un po' inferiore; all'apice del cono terminale si avvicinano l'una all'altra e senza fondersi terminano a breve distanza dall'apice di esso (fig. 76). Nelle striscie radicolari anteriori la superficie midollare si conserva convessa (1) e non mostra altre particolarità che gli impianti delle radicole. Strappando queste ultime (fig. 86, *b*) si producono delle depressioni e dei forellini che corrispondono agli impianti delle radicole e che sono disposte in varie serie longitudinali (da 4 a 7). Le striscie sono poi larghe in media 2 mm. Chiamansi *linee pararadicolari anteriori* quelle che limitano le striscie predette ed in ogni striscia si distinguono una *linea pararadicolare mediale* ed una *linea pararadicolare laterale*.

Le *striscie radicolari posteriori* (fig. 87, *a*) sono lunghe come le anteriori e si comportano ugualmente in corrispondenza dei rigonfiamenti e del cono terminale. La superficie midollare è incavata a livello di esse, formandosi in tal guisa due lunghi *solchi laterali posteriori*, nel fondo e nelle pareti dei quali si impiantano

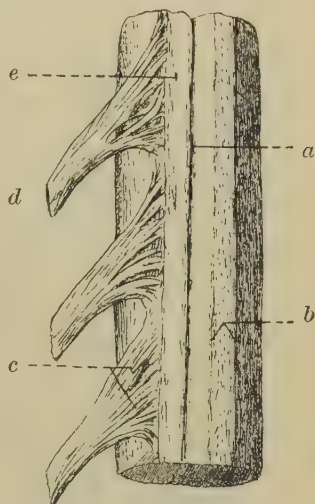


Fig. 86 — Tratto di midolla spinale veduto dalla faccia anteriore e nella metà sinistra spogliato della pia madre e privato delle radici anteriori. — *a*, fessura midollare; *b*, striscia radicolare anteriore; *c*, radicole; *d*, radice anteriore; *e*, cordone anteriore.

(1) Sono chiamate *solchi collaterali anteriori*, ma erroneamente perchè non presentano affatto la forma di solchi.

le radicole posteriori. Strappando le radicole, le strisce radicolari posteriori si presentano ben diverse dalle anteriori perchè sono più strette (la loro larghezza è di appena mm. 1) e perchè le strisce appaiono di colore grigio, mentre le anteriori sono bianche. La colorazione grigia è dovuta al fatto che con lo strappamento delle radicole si asporta un sottile strato di sostanza bianca che costituisce il fondo dei solchi predetti, scoprendo una zona di sostanza grigia sottostante. I solchi laterali posteriori

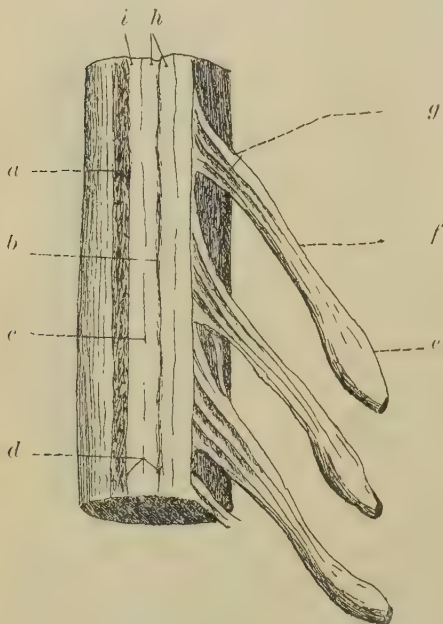


Fig. 87 — Tratto di midolla spinale veduto dalla faccia posteriore e nella metà sinistra spogliato della pia madre e privato delle radici posteriori. — *a*, striscia radicolare posteriore; *b*, solco mediano posteriore; *c*, solco intermedio posteriore; *d*, cordone posteriore; *e*, ganglio spinale; *f*, radice posteriore; *g*, radicole; *h*, fasci gracili; *i*, fascio cuneato.

sono più profondi nei rigonfiamenti. Similmente all'anteriore, ogni striscia radicolare posteriore è limitata da due linee, la linea *pararadicolare posteriore mediale* e la linea *pararadicolare posteriore laterale*.

Le *radicole anteriori* e le *radicole posteriori* differiscono tra loro per la forma, per le dimensioni e per il modo di riunirsi a produrre le *radici*.

Le *radicole anteriori* (fig. 86, *c*) sono piccole e numerose; appena sorte confluiscono a gruppi di 2-4 formando fasci un po' più grossi o *radicole secondarie*, i quali alfine si riuniscono tutti in un solo cordone a struttura fascicolata, cioè nella radice anteriore. L'area nella quale si trova l'origine apparente delle radicole di una medesima radice (*area radicolare*) ha forma semilunare con la convessità

volta medialmente (G. Schwalbe); per ciò a rigore di termini le strisce radicolari anteriori sono due linee ondulate. Tra le singole aree radicolari rimangono piccoli interstizi che al massimo sono lunghi 4 mm., dai quali di regola non originano radicole (*aree interradicolari*); talvolta però se ne osserva qualcuna che si unisce a quelle dell'area superiore o dell'area inferiore e chiameremo tali

radicole col nome di *radicole aberranti*. Le aree interradicolari mancano nei rigonfiamenti.

Le *radicole posteriori* (fig. 87) sono molto più grosse e meno numerose delle anteriori; originano l'una dopo l'altra in una sola serie longitudinale (fig. 87, c) e senza costituire radicole secondarie si riuniscono a gruppi formando le radici posteriori. Tra le aree radicolari successive intercedono aree interradicolari solo nella porzione toracica; sono lunghe 5 mm. al massimo (come eccezione se ne possono trovare di lunghe fino a 10 mm.: Lüderitz).

Le aree radicolari anteriori e posteriori occupano un tratto della zona radicolare corrispondente che è più o meno lungo secondo il volume del nervo che da esse proviene e se si seziona la midolla nei limiti tra le origini delle singole radici, la si divide in 31 *segmenti radicolari*, cioè in tanti pezzi quante sono le paia dei nervi spinali, di cui i più lunghi (25 mm. in media in un uomo adulto) corrispondono al VI-IX paio di nervi toracici, i più corti (4 mm.) corrispondono ai nervi sacrali (1).

I segmenti radicolari aumentano rapidamente in lunghezza dall'estremità inferiore della midolla fino alla metà della porzione dorsale e tanto più rapidamente quanto più sono vicini all'estremità inferiore; quindi rapidamente si accorciano fino al rigonfiamento cervicale; in questo si mantengono quasi uguali. La diversa lunghezza dei segmenti dipende dal loro diverso accrescimento, che si verifica dopo l'ascensione della midolla (Lüderitz).

(1) Ecco le lunghezze dei segmenti radicolari trovate dal Lüderitz (1881) nella midolla di una donna di 33 anni:

N. cervicale	I	mm.	11.0	N. dorsale	VIII	mm.	22 25
»	»	II	» 12.5	»	»	IX	» 22.25
»	»	III	» 10.2	»	»	X	» 18.3
»	»	IV	» 11.5	»	»	XI	» 18.8
»	»	V	» 13.5	»	»	XII	» 19.6
»	»	VI	» 13.4	» lombare	I	»	15.6
»	»	VII	» 12.4	»	»	II	» 13.0
»	»	VIII	» 12.4	»	»	III	» 10.25
» dorsale	I	»	12.2	»	»	IV	» 7.0
»	»	II	» 13.8	»	»	V	» 5.5
»	»	III	» 14.5	» sacrale	I	»	3.5
»	»	IV	» 17.7	»	»	II	» 4.2
»	»	V	» 22.4	»	»	III	» 4.2
»	»	VI	» 22.7	»	»	IV	» 5.5
»	»	VII	» 26.1	»	»	V	» 3.7

Le aree radicolari di ogni paio di radici omonime (radici anteriori, radici posteriori) sono simmetriche, si trovano cioè alla medesima altezza. Le aree radicolari di ogni paio di radici di uno stesso nervo (cioè di una radice anteriore e della corrispondente radice posteriore) sono quasi simmetriche, ma non lo sono con esattezza perfetta; l'asimmetria è specialmente manifesta presso all'apice della midolla (così nell'ultimo nervo spinale, cioè nel nervo coccigeo, tra l'area radicolare della radice anteriore e quella della radice posteriore si ha un dislivello di 1 mm.). Questa asimmetria è la traccia di una disposizione molto più accentuata nei cranioti inferiori, nei quali le radici ventrali e le radici dorsali dei nervi spinali sono alternate (Sterzi, 1907, 1909). Nell'uomo, essendo poco manifesta, si può ammettere che ognuno dei 31 segmenti della midolla spinale sia limitato da piani trasversali all'asse midollare e contenga esattamente quattro aree radicolari, due anteriori e due posteriori.

Le origini apparenti dei nervi permettono di dividere la midolla in varie porzioni che corrispondono a determinati gruppi di nervi; la *porzione cervicale* corrisponde ai segmenti radicolari delle 8 paia di nervi cervicali, la *porzione toracica* a quelli dei 12 nervi toracici, la *porzione lombare* alle origini dei 5 nervi lombari, la *porzione sacrale* alle origini dei 5 nervi sacrali e la *porzione coccigea* all'origine del nervo coccigeo. La porzione cervicale ed il principio della toracica corrispondono al rigonfiamento cervicale; la porzione toracica corrisponde circa al tratto interposto tra i due rigonfiamenti; la porzione lombare e la sacrale corrispondono al rigonfiamento lombare; la porzione coccigea è rappresentata dal cono terminale.

Le linee pararadicolari laterali anteriori e posteriori dividono la superficie della midolla spinale in quattro faccie, cioè in una *faccia anteriore*, in due *faccie laterali* ed in una *faccia posteriore*. Esaminiamo allora le particolarità di ognuna di queste faccie.

Faccia anteriore — È percorsa lungo la linea mediana dalla *fessura midollare* (1) (fig. 86, *a*), che nei rigonfiamenti della midolla ha la profondità di 4 mm., mentre nella porzione toracica arriva

(1) Ordinariamente è designata con la denominazione « *solco mediano anteriore* », che è impropria perchè qui si tratta di una *fessura* e non di un solco (Sterzi 1901). La nomenclatura di Basilea la indica più esattamente come

solo a mm. 2.5. Il fondo della fessura è allargato nei rigonfiamenti, appuntito nella porzione toracica; nelle sezioni trasverse della midolla la fessura appare come una T nel rigonfiamento cervicale (fig. 89) e come una clava nel lombare (Sterzi, 1901). La fessura è occupata da un setto della pia madre; asportandolo si vede che dal fondo della fessura o dai suoi angoli si dipartono dei condotti, i quali penetrano ora a destra ed ora a sinistra nella sostanza nervosa; per essi entrano nella midolla arterie e vene. Il fondo in questione ha colore bianco perchè formato di fibre nervose trasversali (commessura bianca). La fessura midollare in alto si continua nel mielencefalo, in basso termina a livello dell'origine apparente del nervo coccigeo dopo esser divenuta superficiale.

Ai lati della fessura midollare la faccia anteriore della midolla è rigonfia, arrotondata, fino alle linee paradaricolari anteriori mediali; questo tratto ha il nome di *cordone anteriore* (fig. 86 *c*) e corrisponde a una divisione che troveremo nella sostanza nervosa. Nella porzione cervicale i cordoni sono percorsi nel loro terzo mediale e nel 40 % dei casi da solchi longitudinali come la fessura midollare, che hanno il nome di *solchi intermedi anteriori* (Bertelli, 1889); ora ve ne sono due, cioè uno per ogni cordone (fig. 88), ora ve ne è uno solo. I solchi intermedi anteriori cominciano nel mielencefalo, si continuano sulla midolla e terminano a varia altezza secondo gli individui e nei due lati di un medesimo individuo, avvicinandosi a poco a poco alla fessura midollare e confondendosi con essa (fig. 88). Di solito i solchi intermedi terminano poco al di sotto della porzione cervicale. Hanno scarsa profondità (in media 1 mm.) e sono molto stretti: contengono un prolungamento della pia madre. Essi dividono i

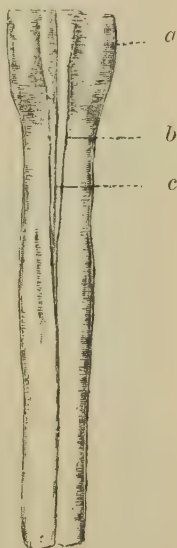


Fig. 88 — Solchi intermedi anteriori (porzione cervicale e principio della porzione toracica della midolla spinale di un bambino di un anno, dal Bertelli). Grand. natur. - *a*, mielencefalo; *b*, solco intermedio anteriore; *c*, fessura midollare.

« *fissura mediana anterior* »; gli aggettivi *mediana* ed *anteriore* sono però inutili perchè la midolla spinale non ha altre fessure.

cordoni anteriori in due porzioni, una mediale e l'altra laterale; tale divisione non ha però importanza rispetto all'intima struttura dei cordoni.

Ai lati dei cordoni la faccia anteriore della midolla è costituita dalle strisce radicolari, che già descrivemmo (fig. 86).

Faccie laterali — Le faccie laterali della midolla sono molto convesse e costituite da fibre nervose longitudinali che formano i *cordoni laterali*. Vi si notano brevi solchi longitudinali, irregolarmente situati, prodotti dalla penetrazione di vasi sanguiferi. In corrispondenza delle prime cinque paia di radici originano da esse, un po' posteriormente alla loro metà, i filuzzi radicolari che riunendosi insieme formano la radice midollare del nervo spinale. Nel rigonfiamento lombare talvolta si osservano su queste faccie radicole aberranti dalle radici anteriori dei nervi lombari e sacrali.

Faccia posteriore — Lungo la linea sagittale mediana questa faccia è percorsa da un solco che ha il nome di *solco mediano posteriore* (fig. 87, *b*); esso è lungo quanto la midolla, cranialmente si continua sul mielencefalo ed in basso termina al principio del cono terminale (Bertelli, 1891).

È molto superficiale (fig. 89) ⁽¹⁾ e la massima profondità la raggiunge nel mezzo del rigonfiamento lombare, ove può arrivare a misurare 1 mm. (Bertelli). Il fondo del solco è molto stretto e da esso penetrano entro alla sostanza nervosa numerosi condotti, i quali contengono vasi sanguiferi. Questi condotti e la speciale struttura della midolla spinale tra essi permettono di divaricare le due metà della midolla in corrispondenza del solco, trasformandolo così artificialmente in una profonda fessura. I tratti di faccia posteriore compresi tra il solco mediano e le linee pararadicolari posteriori mediali si chiamano *cordoni posteriori*.

A 2 mm. circa dal solco mediano ogni cordone posteriore è percorso da un *solco intermedio posteriore* (fig. 87) (Bellingeri) ⁽²⁾, parallelo al solco precedente. I solchi intermedi

(1) Si era ritenuto erroneamente molto profondo ed aveva per ciò il nome di *fessura posteriore*.

(2) Sinonimia: *Fessura laterale* (Merkel), *Solco laterale postremo* (Krause), *Solco paramediano*.

posteriori raramente mancano e si estendono più o meno sulla midolla; normalmente mancano nel rigonfiamento lombare e nel cono terminale; dalla midolla si prolungano sul mielencefalo. Sono poco profondi e molto stretti (fig. 89); contengono un setpimento piale da cui penetrano vasi nella sostanza nervosa. I solchi intermedi posteriori suddividono i cordoni omonimi in due

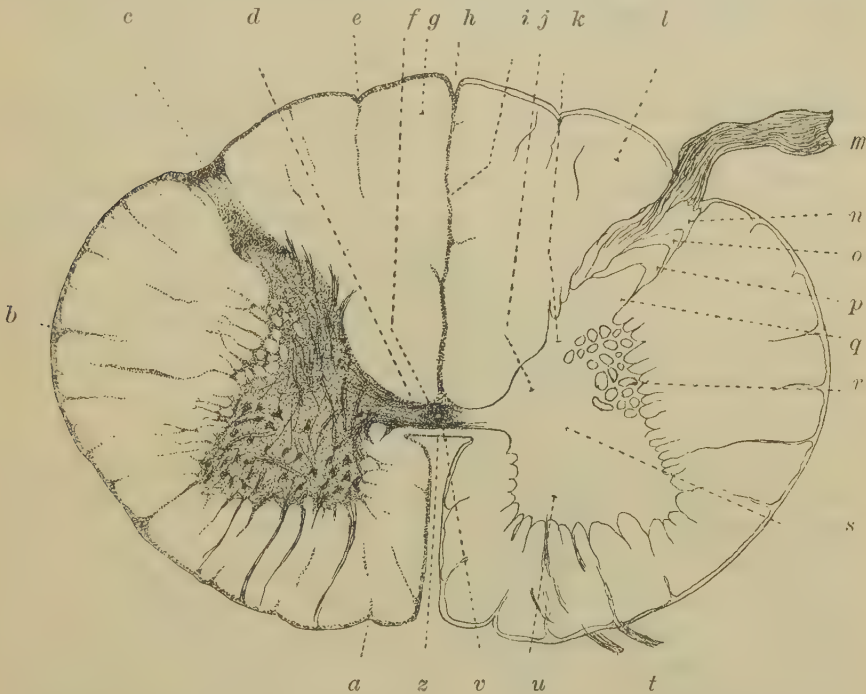


Fig. 89 — Sezione trasversale della midolla spinale all'origine dell'ottavo paio dei nervi cervicali (in un uomo di 37 anni). — *a*, solco intermedio anteriore; *b*, strato grigio corticale; *c*, solco laterale posteriore con strato corticale inspessito; *d*, commessura grigia posteriore e commessura intracentrale bianca posteriore; *e*, solco intermedio posteriore; *f*, sostanza gelatinosa centrale; *g*, fascio gracile; *h*, solco mediano posteriore; *i*, setto posteriore; *j*, base del corno posteriore con la colonna del Clarke; *k*, collo del corno posteriore; *l*, fascio cuneato; *m*, radice posteriore; *n*, zona marginale; *o*, strato zonale; *p*, sostanza gelatinosa del Rolando; *q*, testa del corno posteriore; *r*, formazione reticolare; *s*, base del corno anteriore; *t*, radice anteriore; *u*, testa del corno anteriore; *v*, commessura grigia anteriore e commessura intracentrale bianca anteriore; *z*, fessura midollare e commessura bianca.

parti; la mediale chiamasi *fascicolo gracile*, la laterale *fascicolo cuneato* (fig. 87); questa divisione superficiale non corrisponde però ad una divisione nella minuta architettura dei cordoni posteriori.

Ai lati dei cordoni posteriori la faccia posteriore della midolla

è costituita dalle già descritte striscie radicolari posteriori, approfondite in modo da formare i *solchi laterali posteriori* (fig. 87 e fig. 89); questi sono lunghi quanto la midolla, superiormente si continuano nel mielencefalo, inferiormente terminano sul cono terminale come le radicole posteriori; i solchi sono manifesti anche negli intervalli tra le aree radicolari ed in questi tratti contengono un setto della pia madre.

Conformazione interna della midolla spinale

La sezione trasversale della midolla (fig. 89) ci dimostra che questo organo è formato da *sostanza grigia* e da *sostanza bianca*, simmetricamente disposte cosicchè il piano sagittale mediano divide la midolla in due parti macroscopicamente eguali (microscopicamente sono simili, ma non eguali). Lungo questo piano si trova un condottino che percorre tutta la midolla e che si chiama *canale centrale*.

I. Sostanza grigia — La sostanza grigia della midolla spinale conserva la disposizione che abbiamo indicato (pg. 119) come primitiva nella filogenesi, cioè costituisce un grosso accumulo interno, che circonda il canale centrale, ed un esile mantello alla periferia della midolla; dovremo per ciò distinguere (fig. 89) la *sostanza grigia interna* dallo *strato grigio corticale*. Queste due parti non sono separate l'una dall'altra, ma comunicano attraverso alla sostanza bianca per mezzo di setti laminari. Esaminiamo prima lo strato grigio corticale e poi la sostanza grigia interna.

a) Strato grigio corticale — Circonda tutta la midolla essendo situato subito al di sotto della pia madre e segue tutte le accidentalità della superficie midollare, continuandosi per ciò ininterrotto in corrispondenza della fessura e dei solchi midollari, dei quali forma le pareti (fig. 89, *b*). I vasi sanguiferi che dall'esterno penetrano nella midolla lo attraversano e, come già abbiamo osservato (pg. 84), vengono accompagnati da esili guaine grigie, formate da solo tessuto gliale, che provengono dallo strato corticale. Lo spessore medio dello strato in questione è di mm. 0,05; in alcune zone della superficie midollare, come ad es. in corrispondenza delle striscie radicolari posteriori, è più grosso

(fig. 89, c). Da esso si dipartono numerosi sepimenti lamellari, diretti verticalmente; quelli che originano dai lati della fessura midollare sono frontali, gli altri invece vanno più o meno radialmente. Non hanno disposizione regolare; però in corrispondenza dei solchi intermedi anteriori e posteriori si osservano dei sepimenti abbastanza regolari che penetrano più o meno profondamente nella midolla e che meritano i nomi di *setti intermedi anteriori e posteriori*.

b) Sostanza grigia interna — La sostanza grigia interna della midolla spinale nelle sezioni trasversali mostra la forma di due virgole che si guardano per le loro convessità e che sono congiunte per mezzo di un tratto trasversale (fig. 89). Se imma-

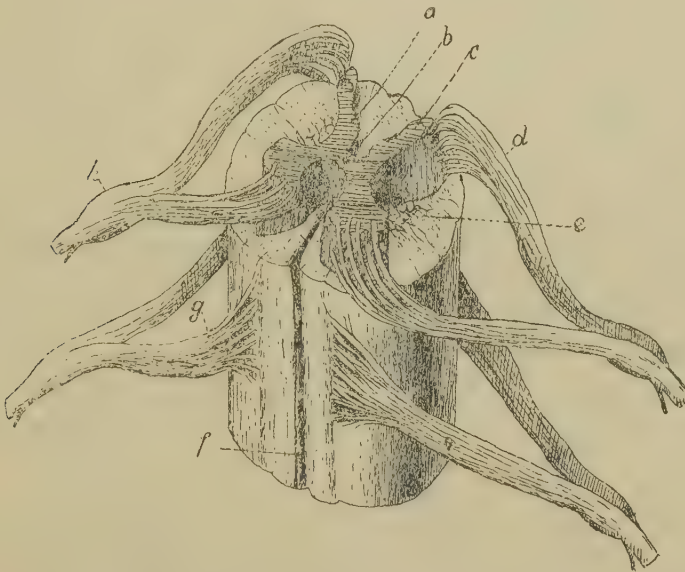


Fig. 90 — Sostanza grigia interna della midolla spinale schematicamente dimostrata con l'asportazione della sostanza bianca e dello strato grigio corticale — *a*, colonna del Clarke; *b*, canale centrale; *c*, corno posteriore; *d*, radice posteriore; *e*, formazione reticolare; *f*, fessura midollare; *g*, radice anteriore; *h*, nervo misto.

giniamo di asportare lo strato corticale insieme alla sostanza bianca (fig. 90), la sostanza grigia interna ci appare allora come una massa scanalata, nella quale si distingue una lamina centrale frontalmente diretta e percorsa dal canale centrale (*b*), dalle estremità della quale si dipartono quattro sporgenze, due anteriori più grosse (*e*) e due posteriori più piccole (*c*), che penetrano nella sostanza bianca e che servono d'impianto alle fibre delle

radicole; la lamina grigia frontale chiamasi *sostanza grigia centrale* e le sporgenze hanno il nome di *colonne anteriori* e di *colonne posteriori*. Nell'angolo compreso lateralmente tra le colonne anteriori e le posteriori lungo tutta la midolla si trova un intreccio di lamine grigie, derivanti dalle basi delle colonne predette; esso ha il nome di *formazione reticolata* (fig. 89, *r*; fig. 90); nella porzione toracica della midolla contiene un grosso sprone di sostanza grigia che sporge ai lati della sostanza grigia interna e che si chiama *colonna laterale*. La sezione trasversa di ogni colonna (fig. 89) ha il nome di *corno* e si distinguono *corna anteriori* (*u, s*), *corna laterali* e *corna posteriori* (*p*) secondo le colonne sezionate; la sezione trasversa della sostanza grigia centrale si chiama *commessura grigia* (*d*).

La quantità della sostanza grigia non è uguale lungo tutta la midolla, ma varia a seconda delle varie porzioni (fig. 91). La *quantità assoluta* è direttamente proporzionale al volume delle radici nervose ed il suo aumento dipende quasi esclusivamente dalle colonne anteriori.

La *quantità relativa* al volume della midolla si può desumere dalle seguenti cifre; indicando come 100 la superficie delle sezioni trasverse della midolla, a livello delle origini dei singoli nervi in un cadavere di uomo di 56 anni ho trovato che la superficie della sostanza grigia è la seguente:

Nervo cervicale I	26 %	Nervo toracico XII	25 %
» » II	27 %	» lombare I - II (media)	37 %
» » III	27 %	» » III	35 %
» » IV	28 %	» » IV	50 %
» » V	33 %	» » V	60 %
» » VI	34 %	» sacrale I	58 %
» » VII	33 %	» » II	58 %
» » VIII	30 %	» » III	65 %
» toracico I	21 %	» » IV	67 %
» » II - VIII	19 %	» » V	75 %
» » IX - XI	17 %	» coccigeo	75 %

Dalla tabella risulta che la sostanza grigia costituisce la massima parte della midolla dalla origine del IV paio di nervi lombari in basso, cioè all'incirca dalla metà del rigonfiamento lombare in basso, e che cresce relativamente alle dimensioni della midolla tanto più quanto più ci si avvicina all'apice del cono terminale: che nella porzione toracica della midolla la sostanza grigia è molto scarsa: che nel rigonfiamento cervicale è

in maggiore quantità, ma non supera mai il 35 %₀ del volume della midolla.

Riguardo poi alla quantità relativa di sostanza grigia nelle colonne anteriori e posteriori è da notare che nei rigonfiamenti le colonne anteriori hanno una sezione complessiva più ampia di quelle posteriori, nella porzione dorsale le aree delle sezioni trasverse sono quasi eguali, nel cono midollare l'area della sezione delle colonne posteriori supera quella delle colonne anteriori (fig. 91).

Sostanza grigia centrale — La sostanza grigia centrale (fig. 89) presenta due faccie, una anteriore e l'altra posteriore, e due estremità.

La *faccia anteriore* è percorsa sulla linea mediana sagittale da una piccola sporgenza. Questa faccia viene separata dal fondo della fessura midollare (fig. 89, *z*) per mezzo di un piccolo strato di sostanza bianca, costituito da fibre prevalentemente trasversali che s'intrecciano formando una specie di *rafe* e che nel loro insieme producono la *commessura bianca anteriore*.

La *faccia posteriore* è meno regolare dell'anteriore perchè da essa si dipartono sottili lamelle sagittali di sostanza grigia, che penetrano nella circostante sostanza bianca; una più grossa delle altre è situata lungo la linea sagittale mediana ed a differenza delle precedenti si estende regolare ed ininterrotta per tutta la lunghezza della midolla spinale; è il *setto posteriore* (fig. 89, *i*) che si spinge fino al fondo del solco mediano posteriore (*h*) e che era stato erroneamente creduto un setto piale, mentre è invece costituito da sostanza grigia (cfr. pg. 164).

Le *estremità laterali* della sostanza grigia centrale danno inserzione alle colonne e con esse si confondono.

Un piano frontale che attraversi il canale centrale, suddivide la sostanza grigia centrale in due porzioni, una anteriore che chiamasi *commessura grigia anteriore* (fig. 89, *v*), l'altra posteriore che ha il nome di *commessura grigia posteriore* (*d*); la prima è in rapporto con la suddetta commessura bianca (*z*), la seconda dà origine al setto posteriore (*i*).

La sostanza grigia centrale è meno densa in un'area circolare che immediatamente circonda il canale centrale; quest'area che in realtà fa parte delle commessure grigie, viene considerata come una porzione distinta e la si chiama *sostanza gelatinosa centrale* (fig. 89, *f*).

Nelle commessure grigie le ricerche microscopiche hanno dimostrata l'esistenza di fibre nervose dirette trasversalmente; quelle che attraversano la commessura grigia anteriore formano la *commessura intracentrale bianca anteriore* (fig. 89 *d*), quelle che invece passano per la commessura grigia posteriore costituiscono la *commessura intracentrale bianca posteriore* (*d*).

Se quindi facciamo penetrare un ago attraverso alla sostanza grigia centrale dall'avanti all'indietro in corrispondenza della fessura midollare, esso incontrerà, dopo la commessura bianca anteriore che appartiene alla sostanza bianca della midolla, i seguenti strati: commessura grigia anteriore contenente la commessura intracentrale bianca anteriore, sostanza gelatinosa centrale (segmento anteriore), canale centrale, sostanza gelatinosa centrale (segmento posteriore), commessura grigia posteriore con la commessura intracentrale bianca posteriore, setto posteriore (fig. 89).

Colonne anteriori — Si distaccano dalla sostanza grigia centrale con un tratto non molto largo che nelle sezioni trasversali chiamasi *base delle corna anteriori* (fig. 89 *s*). Il piano medio di ogni colonna non è sagittale, ma leggermente obliquo dall'avanti all'indietro e dall'esterno all'interno (fig. 89); per ciò lo spazio compreso tra le colonne si restringe a misura che ci si avvicina alla commessura grigia. La faccia anteriore delle colonne non è perfettamente arrotondata, come farebbe supporre il nome di « colonne », ma è pianeggiante, e per ciò vi si possono distinguere due spigoli, uno laterale e l'altro mediale, che limitano tale faccia; da essa si dipartono le fibre delle radici anteriori (fig. 89). Lo spigolo laterale in alcuni tratti della midolla, come nel rigonfiamento cervicale ed in quello lombare, è molto accentuato (fig. 89); erroneamente la massima parte degli autori confonde questo spigolo molto sporgente, che chiameremo *processo laterale delle colonne anteriori*, con le colonne laterali, parti che hanno natura molto diversa e che studieremo con la formazione reticolata. Il processo laterale contiene le cellule dalle quali origina il nervo spinale, nervo che parzialmente proviene anche dal mielencefalo e che per ciò descriveremo tra i nervi di questo segmento encefalico.

Le colonne anteriori sono circondate in tutta la loro superficie libera da un grosso strato di sostanza bianca (fig. 89), nella quale inviano numerose lamine grigie, più o meno ampie e tutte verticalmente dirette, irregolari per numero e direzione; alcune

giungono fino allo strato corticale della midolla, altre si arrestano a varia distanza da esso. Le fibre delle radici anteriori devono quindi attraversare un grosso strato di sostanza bianca prima

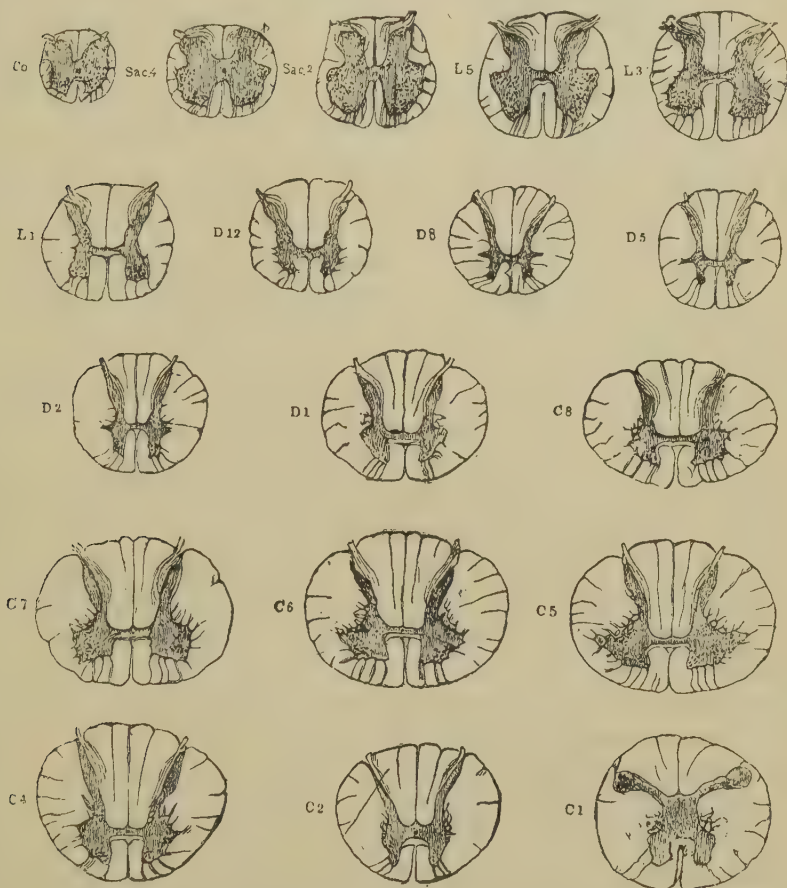


Fig. 91 — Sezioni trasversali a varia altezza della midolla spinale per dimostrare la forma della sostanza grigia interna (dal Gowers, modificata). — Le lettere indicano le porzioni della midolla; i numeri i nervi che da esse originano.

di raggiungere la loro origine apparente, tranne che in corrispondenza della parte inferiore del rigonfiamento lombare e del cono terminale, ove questo strato diventa sempre più sottile (fig. 91).

Le lamine grigie che si dipartono dalle colonne anteriori sono specialmente numerose in corrispondenza della faccia esterna e soprattutto nel tratto nel quale le colonne si continuano con la

sostanza grigia centrale e con le colonne posteriori; queste lamine contribuiscono a produrre la formazione reticolare.

Colonne posteriori — Le colonne posteriori si spingono con la loro estremità libera fino ad una discreta distanza dalle striscie radicolari omonime (fig. 89) ed una serie di formazioni intermedie, prodotte in parte da sostanza grigia, si interpone tra esse e le striscie radicolari, facendo sembrare che le colonne giungano proprio fino alle striscie predette. Le colonne sono dirette posteriormente e verso l'esterno e per ciò divergono l'una dall'altra (fig. 89, 91); la divergenza è massima nel rigonfiamento cervicale (fig. 91).

Nelle sezioni trasversali di ogni colonna posteriore, sezioni che chiamansi *corni posteriori*, si possono distinguere tre segmenti, cioè la *base* (fig. 89, *j*) per mezzo della quale esse si continuano con la sostanza grigia centrale e con le corna anteriori, il *collo* (*k*), tratto intermedio ristretto, e la *testa* (*q*), leggermente ingrossata; solo nella parte inferiore della porzione toracica il collo non è manifesto. La base, al momento di continuarsi con la sostanza grigia centrale, in quasi tutta la midolla presenta un rigonfiamento mediale; esso ha il nome di *colonna del Clarke* (fig. 89, *j*; fig. 90, *a*).

Le formazioni interposte tra la testa di ogni colonna posteriore e la sostanza grigia corticale sono uno strato di sostanza gelatinosa ed uno strato di sostanza bianca (fig. 89). La sostanza gelatinosa riveste come un cappuccio la testa di ogni colonna ed è simile a quella che circonda il canale centrale (cfr. a pg. 169); ha il nome di *sostanza gelatinosa del Rolando* ⁽¹⁾ (fig. 89, *p*) e nelle sezioni trasversali appare come una V con l'apice volto verso la superficie della midolla (fig. 89). La sua parte periferica è circondata da uno strato misto di sostanza grigia e di fibre nervose, più dense in corrispondenza dell'apice della sostanza gelatinosa; a questo stato misto si dà il nome di *strato zonale* (fig. 89, *o*). Lo strato zonale giunge a breve distanza dal fondo del solco laterale posteriore, ove trovasi la striscia radicolare posteriore, costituita dallo strato grigio corticale che vedemmo rivestire tutta la midolla; tra lo strato zonale e lo strato corticale è uno strato di sostanza bianca (fig. 89, *n*) che chiamasi *zona marginale* (del Lissauer). In corrispondenza di tale zona il predetto strato corti-

(1) Da Luigi Rolando, anatomico a Sassari (1773-1831).

cale è inspessito (fig. 89, c), tranne che nella porzione lombare della midolla: alcuni autori chiamano impropriamente apice della colonna posteriore tale inspessimento. L'inspessimento non corrisponde alla striscia radicolare posteriore, ma è posto lateralmente ad essa (fig. 89, a destra); l'uno e l'altra si trovano però nel solco laterale posteriore.

Se quindi noi infiggiamo un ago nella midolla in corrispondenza del solco laterale posteriore e lo dirigiamo verso la colonna posteriore, esso prima di raggiungere l'apice della colonna, dovrà successivamente attraversare lo strato grigio corticale inspessito, la zona marginale, lo strato zonale e la sostanza gelatinosa del Rolando.

Le radici posteriori non attraversano nel mezzo queste varie zone per raggiungere la testa delle colonne omonime, ma nella loro porzione mediale; penetrano nelle colonne dal lato mediale della testa (fig. 89).

Formazione reticolare e colonne laterali.— Dalla superficie libera delle colonne posteriori si dipartono numerosi prolungamenti laminari di sostanza grigia, che penetrano nella costante sostanza bianca ed alcuni raggiungono anche lo strato corticale della midolla; i prolungamenti della faccia mediale talora si confondono col setto posteriore. Questi prolungamenti sono in ispecial maniera numerosi in corrispondenza delle faccie laterali dei colli e delle basi delle colonne posteriori; essi nell'interno della sostanza bianca si anastomizzano tra loro e coi prolungamenti simili delle colonne anteriori (fig. 89, r), in maniera da costituire un intreccio che nelle sezioni trasverse della midolla appare come un reticolo. Come già dissi (pag. 168), ha il nome di *formazione reticolare* e da esso si dipartono prolungamenti grigi periferici che possono arrestarsi nella sostanza bianca o terminare alla superficie della midolla. Specialmente nella porzione toracica entro alla formazione reticolare si trova un accumulo di sostanza grigia compatta, che sporge lateralmente; costituisce la *colonna laterale* della midolla (fig. 91, D 2 - D 10). Le colonne laterali vengono confuse da molti con gli spigoli laterali delle colonne anteriori.

Differenze della sostanza grigia nei vari segmenti della midolla. — Abbiamo già notato che la quantità di sostanza grigia è diversa nelle varie porzioni della midolla; in esse è pure diversa la forma di tale sostanza. Le figure e le notizie che seguono dimostrano appunto questo asserto.



Fig. 92 — A livello del I-II nervo cervicale, *colonne anteriori* (a) con sezione trasversa quasi quadrilatera, con spigoli anteriori molto arrotondati e con processo laterale (b) che sporge davanti alla formazione reticolata; *colonne posteriori* ripiegate in fuori, con testa grossa (d) e collo sottilissimo; *formazione reticolare* (c) molto ampia.



Fig. 93 — A livello del III-IV nervo cervicale, *colonne anteriori* (a) con spigolo laterale e con processo laterale (b) meno accentuati; *colonne posteriori* con testa (d) più piccola e collo meno stretto; *formazione reticolare* (c) un po' ridotta.



Fig. 94 — A livello del V nervo cervicale, *colonne anteriori* (a) aumentate di volume, con spigolo laterale (processo laterale) accentuato, con faccia anteriore un po' obliqua dall'interno all'esterno e dall'avanti all'indietro, senza processo laterale; *colonne posteriori* con testa (d) più grossa e collo simile alla sezione precedente; *formazione reticolare* (c) ancora diminuita.

Figg. 92-104 — Sezioni trasversali della midolla spinale di un uomo di 39 anni. — Ingrand. = 3.5 D.

- Fig. 92 — Sezione tra il I ed il II paio di nervi cervicali.
- » 93 — » sotto all'origine del III paio di nervi cervicali.
- » 94 — » in corrispondenza del V paio di nervi cervicali.
- » 95 — » tra il VI ed il VII paio di nervi cervicali.
- » 96 — » subito sotto all'origine del VIII paio cervicale.
- » 97 — » tra il III ed il IV paio dei nervi toracici.
- » 98 — » tra il VII e lo VIII paio dei nervi toracici.
- » 99 — » tra il X e lo XI paio dei nervi toracici.
- » 100 — » tra il I ed il II paio dei nervi lombari.
- » 101 — » subito sotto al III paio dei nervi lombari.
- » 102 — » tra il V paio lombare ed il I paio sacrale.
- » 103 — » tra il III ed il IV paio dei nervi sacrali.
- » 104 — » a livello del paio dei nervi coccigei.

Fig. 95 — A livello del VI-VII nervo cervicale, *colonne anteriori* (a) con volume ancora maggiore, spigolo laterale arrotondato, faccia anteriore frontalmente diretta, faccia mediale e laterale quasi sagittali e parallele; *colonne posteriori* (d) un po' meno ripiegate in fuori di quelle del segmento precedente, con *sostanza gelatinosa del Rolando* (e) abbondante come in tutti i segmenti precedenti *formazione reticolare* (c) non modificata.

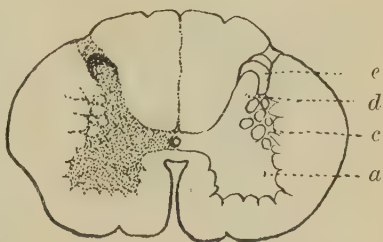


Fig. 96 — A livello del VIII nervo cervicale, *colonne anteriori* grossissime, con spigoli meno arrotondati, faccie frontale e mediale come nel segmento precedente, faccia laterale obliqua in dietro ed in dentro; *colonne posteriori* (d) più diritte, con testa piccola; *formazione reticolare* (c) diminuita.



Fig. 97 — A livello del I-IV nervo toracico, *colonne anteriori* (a) che vanno gradatamente ma fortemente riducendosi di volume, con faccia anteriore arrotondata; *colonne posteriori* (d) leggermente diminuite di volume, poco ripiegate in fuori, con collo sottile e con *sostanza gelatinosa del Rolando* (e) molto ridotta; *colonne del Clarke* (g) che cominciano a sporgere dalle basi delle colonne posteriori; *colonne laterali* (f) che pure cominciano a comparire al davanti della piccola *formazione reticolata*.



Fig. 98 — A livello del V-IX nervo toracico, *colonne anteriori* (a) piccole e simili a quelle del segmento precedente; *colonne posteriori* (d) lunghe e sottili, con collo esile; *colonne del Clarke* (g) molto manifeste; *formazione reticolata* appena riconoscibile; *colonne laterali* (f) molto grosse.

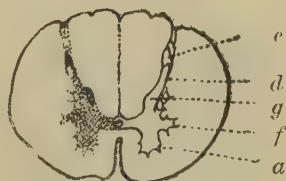




Fig. 99 — A livello del X-XII nervo toracico, *colonne anteriori* (a) che diventano di nuovo sempre più grosse a misura che vanno in basso, con spigoli sempre meno arrotondati; *colonne posteriori* (d) sempre più grosse, ma però corte e larghe, leggermente ripiegate in fuori; *colonne del Clarke* (g) manifestissime; *colonne laterali* ridotte; *formazione reticolare* un po' aumentata.



Fig. 100 — A livello del I-II nervo lombare, *colonne anteriori* (a) ancora più grosse, con faccia anteriore piana e frontalmente diretta, limitata da spigoli bene accentuati; *colonne posteriori* (d) ingrossate, con collo male distinguibile dalla testa; *colonne del Clarke* non più sporgenti, ma contenute nella base delle colonne posteriori; *formazione reticolare* (c) appena riconoscibile; *colonne laterali* scomparse.



Fig. 101 — A livello del III nervo lombare, *colonne anteriori* (a) che hanno il massimo volume rispetto alla sostanza bianca, con faccia anteriore piana e frontalmente diretta, limitata da spigoli arrotondati tra i quali molto sporgente è il laterale, e con faccia laterale obliqua in dietro e medialmente; *colonne posteriori* (d) poco aumentate di volume, nelle quali non si distingue più il collo; *colonne del Clarke* scomparse; *formazione reticolata* (c) piccola.



Fig. 102 — A livello del IV nervo lombare - I nervo sacrale, *colonne anteriori* (a) con spigolo laterale ridotto, cosicchè la loro faccia anteriore è diminuita; *colonne posteriori* (d) simili per volume alle anteriori; *formazione reticolata* quasi scomparsa.

Fig. 103 — A livello del II-V nervo sacrale, *colonne anteriori* (a) arrotondate per scomparsa dello spigolo laterale, nelle quali non è più distinguibile la testa dalla base; *colonne posteriori* (d) grosse come le precedenti e pure formate da una massa grigia nella quale non è più riconoscibile una testa; formazione reticolata scomparsa.



Fig. 104 — A livello del I nervo coccigeo, *colonne anteriori e posteriori* con l'aspetto di cordoni semicilindrici che sporgono da una massa centrale impari, costituita dalla sostanza grigia centrale molto ingrossata.



II. Sostanza bianca — Abbiamo già veduto che la sostanza bianca circonda la sostanza grigia interna della midolla spinale, cioè le colonne e la sostanza grigia centrale, e come da un mantello ininterrotto è a sua volta circondata dal sottile strato grigio corticale (fig. 89); i prolungamenti raggiati che si distaccano dallo strato corticale suddividono la sostanza bianca in tratti di forma poligonale nelle sezioni trasversali, diversi per aspetto e per volume nelle varie sezioni.

La *quantità assoluta* di sostanza bianca che si trova nei vari segmenti della midolla a livello delle origini dei nervi spinali è indicata dalla seguente tabella (Ziehen, 1899):

Origine dei nervi	Superficie totale della sostanza bianca	Rapporto centesimale rispetto alla superficie della midolla
N. cervicale III	mm. ² 32.75	73 $\frac{0}{0}$
» » IV	» 34.65	72 $\frac{0}{0}$
» » V-VI	» 42.02	67 $\frac{0}{0}$
» » VII	» 37.27	66 $\frac{0}{0}$
» » VIII	» 33.99	70 $\frac{0}{0}$
N. toracico I	» 28.59	79 $\frac{0}{0}$
» » II-VIII	» 24.12	81 $\frac{0}{0}$
» » IX-XI	» 23.83	83 $\frac{0}{0}$
» » XII	» 21.74	75 $\frac{0}{0}$
N. lombare III	» 21.15	60 $\frac{0}{0}$
» » IV	» 22.34	50 $\frac{0}{0}$
» » V	» 17.07	40 $\frac{0}{0}$
N. sacrale I	» 17.18	42 $\frac{0}{0}$
» » II	» 17.26	42 $\frac{0}{0}$
» » III	» 9.56	35 $\frac{0}{0}$
» » IV	» 5.97	33 $\frac{0}{0}$
» » V	» 2.18	25 $\frac{0}{0}$
N. coccigeo	» 0.96	25 $\frac{0}{0}$

La tabella dimostra che la quantità assoluta della sostanza bianca è massima nel rigonfiamento cervicale e di qui diminuisce gradatamente a misura che si va verso il cono terminale (cfr. fig. 92 - 103).

La *quantità della sostanza bianca relativa al volume totale della midolla* in corrispondenza del rigonfiamento cervicale, a livello del 5° 6° nervo, rappresenta circa i $\frac{2}{3}$ della superficie totale; essa cresce considerevolmente discendendo nella midolla toracica, ove a livello del 9-11 nervo arriva a rappresentare i $\frac{4}{5}$ della superficie totale; di nuovo diminuisce nel rigonfiamento lombare e di qui gradatamente fino al cono terminale. Il comportamento della quantità relativa della sostanza bianca oltre che dalla percentuale indicata nella tabella precedente si induce anche esaminando le figg. 92-104.

La *quantità della sostanza bianca relativa a quella della sostanza grigia* si può calcolare confrontando la tabella sopra riportata con la tabella che si trova a pag. 168. Da tale confronto risulta che la sostanza bianca nel tratto superiore del rigonfiamento cervicale è circa il triplo della sostanza grigia e nel tratto inferiore di tale rigonfiamento è circa il doppio; nella midolla toracica la sostanza bianca è 4 o 5 volte più della sostanza grigia; nella metà superiore del rigonfiamento lombare è tanta come la sostanza grigia; infine discendendo da questo tratto verso l'apice del cono terminale la sostanza bianca si trova in quantità minore della sostanza grigia e tanto minore quanto più si discende.

Commessura bianca — La fessura midollare ed il setto posteriore dividono la sostanza bianca in due metà, l'una destra e l'altra sinistra (fig. 89); esse riempiono l'area compresa tra la sostanza grigia interna e lo strato grigio corticale (fig. 89) e siccome la sostanza grigia interna ha la forma colonnare che sopra abbiamo descritto, lo strato di sostanza bianca non ha uguale spessore in tutta la sua estensione, ma è più sottile in corrispondenza delle teste delle colonne.

Le due metà della sostanza bianca sono tra loro congiunte per mezzo di un piccolo strato della medesima sostanza, situato al davanti della commessura grigia anteriore (fig. 89, z), tra questa ed il fondo della fessura midollare; tale strato ha il nome di *commessura bianca anteriore*. Come meglio vedremo esaminandone la struttura, essa è costituita da fibre midollate trasversali; perciò nelle sezioni trasverse della midolla refrange la luce in

modo un po' diverso ed ha un aspetto meno chiaro del resto della sostanza bianca, in cui le fibre sono longitudinali. La commessura anteriore ha spessore medio di circa mm. 0.22 nel rigonfiamento cervicale e nella porzione toracica della midolla; lo aumenta considerevolmente nel rigonfiamento lombare, ove all'altezza delle origini del IV - V nervo lombare arriva ad uno spessore di mm. 0.60; poi rapidamente diminuisce verso l'apice del cono terminale e scompare del tutto poco al di sopra di esso.

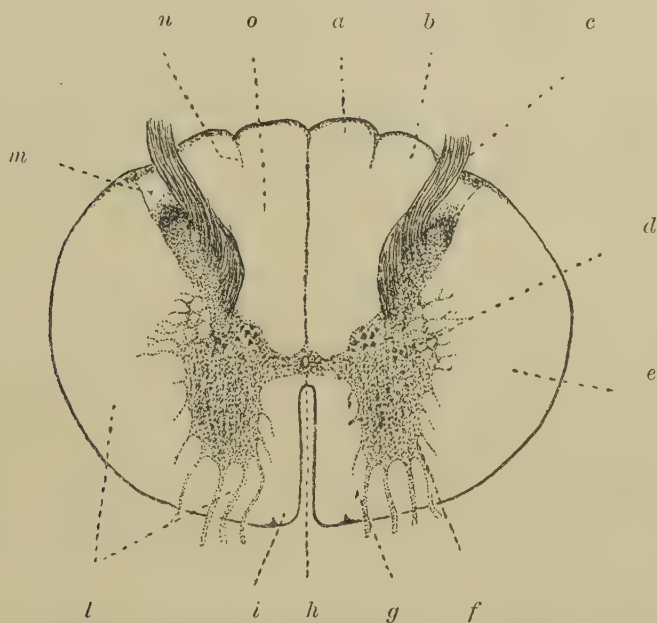


Fig. 105 — Cordoncini della midolla spinale (sezione trasversa di midolla spinale umana). — *a*, fascio gracile; *b*, fascio cuneato; *c*, radice posteriore; *d*, nucleo cellulare mediano; *e*, cordone laterale; *f*, limite tra il cordone anteriore ed il laterale; *g*, fascio fondamentale del cordone anteriore; *h*, commessura bianca anteriore; *i*, fascio piramidale diretto; *l*, cordone antero-laterale; *m*, zona marginale; *n*, setto intermedio posteriore; *o*, cordone posteriore.

Cordoncini — Ciascuna delle metà laterali della sostanza bianca è suddivisa in due porzioni per mezzo delle colonne posteriori e delle formazioni intermedie che, come abbiamo veduto (pg. 172), arrivano fino in prossimità dell'ispessimento dello strato grigio corticale situato al fondo del solco laterale posteriore (fig. 89). Queste porzioni di sostanza bianca si chiamano *cordoncini* e si distinguono nel *cordone antero-laterale*, che circonda le colonne anteriori

e che si trova lateralmente alla formazione reticolata ed alle colonne posteriori (fig. 105, *l*), e nel *cordone posteriore* (*o*) compreso tra le colonne posteriori ed il setto posteriore. I due cordoni comunicano direttamente l'uno con l'altro per mezzo di quel sottile strato di sostanza bianca (*m*) posto tra lo strato zonale e la sostanza grigia corticale, che descrivemmo (pg. 172) col nome di *zona marginale*.

Un piano verticale che tagli la sostanza bianca penetrando dalla linea pararadicolare anteriore esterna e giungendo allo spigolo laterale della rispettiva colonna anteriore, e che quindi decorra subito all'esterno delle radicole più laterali delle radici anteriori (fig. 105, *f*), suddivide il cordone antero-laterale in due cordoni, cioè nel *cordone anteriore* (*g*) situato medialmente ed anteriormente alle colonne anteriori, e nel *cordone laterale* (*e*), posto lateralmente alle colonne anteriori e posteriori ed alla formazione reticolata.

Le radici anteriori, che, come ormai sappiamo, provengono dalle colonne anteriori, per arrivare alla rispettiva striscia radicolare devono quindi attraversare la parte laterale del cordone anteriore (fig. 105); le radici posteriori attraversano invece la zona marginale e quindi non passano nell'interno di nessun cordone (fig. 105).

Delimitando nel modo ora indicato i cordoni anteriori, laterali e posteriori, la loro superficie rivestita dallo strato grigio corticale corrisponde a quelle sporgenze della superficie midollare che abbiamo indicate con gli stessi nomi (pg. 163-164).

Il volume dei cordoni varia nei vari segmenti della midolla spinale, come risulta dalla tabella riportata a pg. 181, la quale è dovuta alle minuziose misurazioni dello Stilling: le variazioni di volume sono indicate dalle differenze nelle superficie dei singoli cordoni, e, come si vede nella tabella, esse sono diverse sia in senso assoluto sia relativamente alle superficie delle sezioni della midolla spinale.

Dalla tabella risulta che il volume dei cordoni varia nel modo seguente:

a) I *cordoni anteriori* nel rigonfiamento cervicale costituiscono un terzo della sostanza bianca, nella midolla toracica un quarto, nel rigonfiamento lombare di nuovo un terzo e nella parte inferiore di esso due quinti.

b) I *cordoni laterali* hanno le maggiori dimensioni rispetto

LIVELLO DELLA SEZIONE		CORDONE ANTERIORE		CORDONE LATERALE		CORDONE POSTERIORE	
		Superficie assoluta	Superficie relativa	Superficie assoluta	Superficie relativa	Superficie assoluta	Superficie relativa
N. cervicale	III	mm. ² 6.13	19 %	mm. ² 13.21	40 %	mm. ² 13.47	41 %
»	IV	» 7.57	22 %	» 13.23	38 %	» 13.72	40 %
»	V - VI	» 11.75	28 %	» 15.70	37 %	» 14.68	35 %
»	VII in alto	» 10.90	27 %	» 15.17	37 %	» 14.30	35 %
»	VII in basso	» 9.97	29 %	» 11.98	35 %	» 12.26	36 %
»	VIII	» 11.27	33 %	» 12.79	38 %	» 9.90	29 %
» toracico	I	» 5.71	20 %	» 14.06	49 %	» 8.95	31 %
»	II - VIII	» 4.24	18 %	» 13.55	56 %	» 6.43	27 %
»	IX - XI	» 4.23	18 %	» 13.02	55 %	» 6.59	27 %
»	XII	» 4.30	20 %	» 11.00	51 %	» 6.64	30 %
» lombare	III	» 6.01	28 %	» 6.48	31 %	» 8.65	41 %
»	IV	» 7.51	34 %	» 6.32	28 %	» 8.69	39 %
»	V	» 5.68	33 %	» 5.16	30 %	» 6.25	37 %
» sacrale	I	» 5.50	32 %	» 4.96	29 %	» 6.61	38 %
»	II	» 6.03	35 %	» 5.73	31 %	» 5.95	34 %
»	III in alto	» 4.54	38 %	» 3.77	31 %	» 3.67	31 %
»	III nel mezzo	» 4.18	41 %	» 3.11	31 %	» 2.83	28 %
»	III in basso	» 3.36	44 %	» 2.50	33 %	» 1.73	23 %
»	IV	» 2.30	38 %	» 2.33	40 %	» 1.51	27 %
»	V	» 0.75	35 %	» 0.97	45 %	» 0.44	20 %
» coccigeo		» 0.36	37 %	» 0.45	47 %	» 0.16	16 %

al resto della sostanza bianca nella midolla toracica e di qui diminuiscono andando verso i rigonfiamenti; presso il cono terminale aumentano di nuovo. Considerati invece da soli diminuiscono dalla midolla cervicale al cono terminale.

c) I *cordoni posteriori* aumentano in senso assoluto dal limite superiore della midolla fino alla metà del rigonfiamento cervicale, mentre rispetto al volume generale della sostanza bianca diminuiscono; nella metà inferiore del rigonfiamento predetto aumentano tanto in senso assoluto che relativo; nella midolla toracica diminuiscono nei due sensi e pure nei due sensi aumentano nel rigonfiamento lombare.

Il solco intermedio anteriore ed il setto omonimo proveniente dallo strato grigio corticale dividono il cordone anteriore in due fasci, uno mediale e l'altro laterale (fig. 105); il primo chiamasi *fascio piramidale diretto* (*i*), l'altro *fascio fondamentale del cordone anteriore* (*g*). Parimenti il solco intermedio posteriore ed il setto grigio omonimo dividono il cordone posteriore nel *fascicolo gracile* (fig. 105, *a*), situato tra essi ed il setto posteriore, e nel *fascicolo cuneato* (*b*), posto tra il solco intermedio e la striscia radicolare posteriore corrispondente (cfr. pg. 165).

III. Canale centrale — Il canale centrale, bene manifesto nella vita fetale, eccezionalmente (nel 20 %) si conserva pervio in tutta la lunghezza della midolla spinale adulta; di solito rimane pervio solo nella porzione cervicale e nella porzione sa-



Fig. 106 — Forma del canale centrale a varie altezze della midolla (in un bambino di 8 anni). Ingr. = 36 D. — *a*, in corrispondenza del II segmento cervicale; *b*, a livello del V segmento cervicale; *c*, in corrispondenza del VII segmento toracico; *d*, nel III segmento lombare; *e*, nel V segmento sacrale.

crinale, mentre nel resto scompare perchè si oblitera per il proliferare dell'epitelio che lo riveste. Se poi la midolla è anche lievemente rammollita per alterazione cadaverica il canale non è più riscontrabile se non all'esame microscopico, avendo parete facilmente disgregabile. Questi fatti ci danno la ragione della

tarda scoperta di tale condotto, di cui gli antichi anatomici non ebbero notizia.

Il canale centrale è posto nella sostanza grigia centrale (fig. 89 e fig. 105) e viene circondato dal piccolo strato della sostanza gelatinosa centrale; esso non si trova nel mezzo della sostanza grigia centrale, ma è spostato anteriormente, verso cioè la commessura bianca anteriore; ne risulta che la commessura grigia anteriore (cfr. pg. 169) è più sottile della commessura grigia posteriore.

In alto il canale centrale si continua col canale del mielencefalo, in basso termina a varia altezza nel filo terminale interno, ma non si estende mai nell'adulto al di sotto del terzo superiore di tale filo; nei primi tempi della vita fetale giunge fino al coccige.

Le dimensioni di questo canale sono difficilmente calcolabili perchè la sua forma varia nei diversi segmenti della midolla; come misura media si può ritenere che il diametro del lume nel rigonfiamento cervicale sia di mm. 0,08, che nella midolla toracica sia un po' più piccolo e nel rigonfiamento lombare ritorni a misurare mm. 0,08. Nel cono terminale le dimensioni del canale centrale aumentano repentinamente, come meglio vedremo tra poco.

La forma del canale centrale è grossolanamente la ellissoidale, col diametro maggiore ora sagittale ed ora frontale (fig. 106); anche nei casi nei quali il canale è bene manifesto nell'adulto, la forma presenta frequenti mutamenti secondo le sezioni. In generale si può ritenere che a livello dei primi 2 nervi cervicali abbia sezione ovalare, col polo maggiore in avanti (fig. 106, *a*): che nel resto del rigonfiamento cervicale sia ridotto ad una fessura frontalmente diretta (fig. 106, *b*): che nella midolla toracica conservi questa forma, ma la fessura sia diretta sagittalmente (fig. 106, *c*): che nel rigonfiamento lombare ritorni ovalare, col polo maggiore in avanti (fig. 106, *d*).

Al di sotto dell'origine apparente del nervo coccigeo, il canale centrale si dilata in una piccola cavità, nota col nome di *ventricolo terminale* (1). Il ventricolo esiste solo nel bambino; nel giovane (16-19 anni) in gran parte si oblitera e nell'adulto (40

(1) Sinonimia: *Ventricolo del Krause, Seno terminale.*

anni) è completamente obliterato per la proliferazione della sostanza gelatinosa centrale (Staderini). Il ventricolo non si trova nel mezzo della midolla, ma è avvicinato alla faccia posteriore di essa (fig. 107), avendo quindi posizione inversa a quella del canale centrale, con cui si continua superiormente. In basso, verso l'apice del cono terminale, il ventricolo si restringe a poco a poco in modo che si ricostruisce anche da questo lato il canale centrale, ed esso è schiacciato (fig. 106, e) e penetra nel filo terminale interno, come sopra abbiamo veduto (fig. 108). Quando il ventricolo è bene manifesto, può rag-

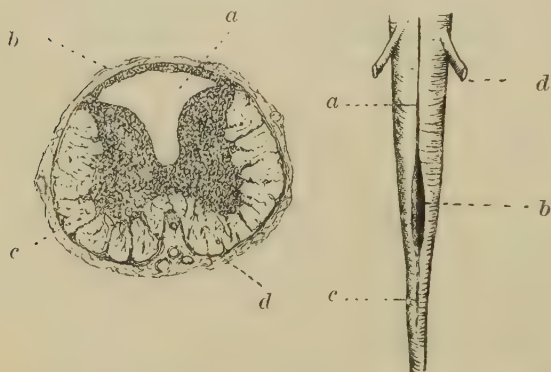


Fig. 107 — Sezione trasversa del ventricolo terminale alla metà della sua altezza (in un bambino di 2 anni). Ingr. = 18 D. — *a*, ventricolo; *b*, sua parete posteriore; *c*, corna anteriori; *d*, pia madre.

Fig. 108 — Proiezione anteriore del ventricolo terminale (semischematic). — *a*, porzione sopraventricolare e *c*, porzione sottoventricolare del canale centrale; *b*, ventricolo; *d*, nervo cocci-geo.

giungere la lunghezza di 10 mm. ed avere un diametro medio di mm. 0,5 nel punto più ampio. La forma è molto varia; in generale si può ritenere che sia prismatico triangolare con uno degli spigoli volto anteriormente. Spesso mostra delle piccole estroflessioni perchè le sue pareti non sono lisce, ma ripiegate. I cordoni posteriori, che nel cono terminale sono molto impiccoliti, si divari-

cano l'uno dall'altro in corrispondenza del ventricolo; per ciò si nota quell'area di colore grigio sulla quale ci siamo già fermati (cfr. a pg. 148 ed a pg. 158).

Il ventricolo terminale dell'uomo non è paragonabile a quello dei cranioti inferiori (Sterzi, 1907, 1909) che è veramente « terminale » perchè situato all'estremo caudale del tubo neurale; non è neppure paragonabile a quell'accumulo di tessuto gelatinoso che si trova dorsalmente al rigonfiamento lombo-sacrale degli uccelli e che ha il nome di *seno romboidale*.

Il canale centrale contiene un liquido chiaro, citrino, che è *liquido encefalo-midollare*.

Le sue pareti sono rivestite da cellule endodiali (fig. 109) che presentano i caratteri descritti nelle generalità. Sono prismatiche, spesso con due prolungamenti, uno centrale e l'altro periferico (fig. 110) ed inviano talvolta un pennello di ciglia nella cavità del canale; lo Stilling ha contato in media 100 cellule in una sezione trasversa di canale. Sono lunghe 20-55 μ e larghe 10-25 μ (Ziehen); quelle che tappezzano la parete ventrale hanno dimensioni maggiori delle altre. Formano un solo strato, ma i loro nuclei si trovano a diversa altezza cosicchè ad un esame superficiale sembrano costituire un epitelio a tre od a quattro strati (fig. 109). I prolungamenti periferici terminano nella sostanza gelatinosa centrale (fig. 110) tranne che quelli provenienti dalle cellule

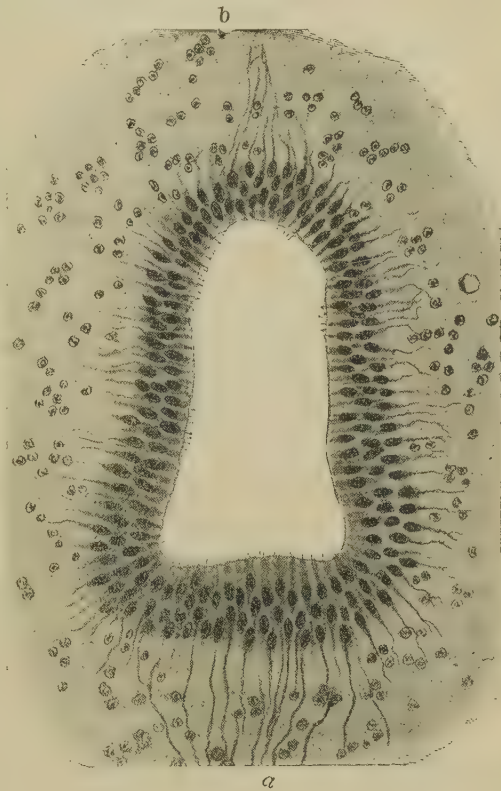
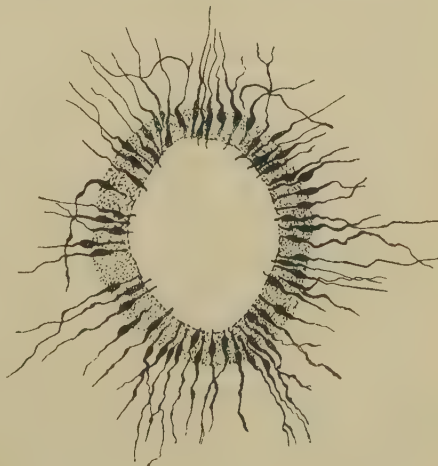


Fig. 109 — Canale centrale sezionato trasversalmente (porzione toracica di midolla spinale di un bambino di 14 mesi). Ingr. = 470 D. — *a, b*, cunei endodiali anteriore e posteriore.

Fig. 110 — Ependima del canale centrale (midolla spinale di bambino di un anno, a livello del IV paio dei nervi cervicali; metodo del Golgi).



che tappezzano la parete anteriore e la parete posteriore del canale (fig. 100); la loro disposizione è quindi ben diversa da quella fetale in cui tutti si spingono fino allo strato grigio corticale (fig. 46).

I prolungamenti che si staccano dalle cellule anteriori formano il *cuneo endimale anteriore* (fig. 120, *a*) e quelli delle cellule della parete posteriore il *cuneo endimale posteriore* (fig. 109, *b*; fig. 120, *g*). Nel primo i prolungamenti, leggermente convergendo, si spingono nella commessura anteriore ed alcuni giungono al fondo della fessura midollare formandone la membrana limitante esterna (cfr. pg. 80); nel feto arrivano invece tutti a questa membrana. Nel cuneo endimale posteriore i prolungamenti si raccolgono in guisa da costituire un setto grigio sagittale, cioè il *setto mediano posteriore*, che dalla commessura grigia posteriore giunge fino al solco mediano posteriore (fig. 120); tra i prolungamenti endimali si trovano in esso anche cellule endimali allontanatesi dal canale centrale e cellule gliali.

Attorno alle cellule endimali è stata notata la presenza di un fitto intreccio di terminazioni nervose (*plesso periependimale*) che si spingono anche tra le cellule (*plesso intercellulare*); l'origine ed il significato di questi plessi sono molto oscuri, come vedremo meglio nello studiare la struttura della sostanza gelatinosa centrale.

L'obliterazione del canale centrale è determinata da una moltiplicazione delle cellule endimali, più specialmente manifesta nella parete posteriore; essa pare la continuazione di quel processo per il quale il canale centrale del feto si impiccolisce durante lo sviluppo. Mentre le cellule endimali interne si moltiplicano, le esterne regrediscono e lo spazio da esse occupato, viene invaso dal proliferare della circostante nevroglia; così a poco a poco rimangono solo delle isole epiteliali sparse nella nevroglia ed esse possono scomparire del tutto. Quando il processo di chiusura non avviene regolarmente, dalle pareti del canale possono sporgere degli zaffi endimali che si pongono in rapporto e che dividono il canale in vari canali più piccoli (fino a 5); questo aspetto però deve riguardarsi come uno stadio transitorio che precede la obliterazione completa.

Della composizione del liquido encefalo-midollare ci occuperemo insieme a quella del liquido omonimo dell'encefalo.

Conformazione del filo terminale

Abbiamo già veduto (pg. 142) che il filo terminale fa seguito al cono terminale e si estende fino alla prima vertebra coccigea (fig. 79). Esso incomincia in alto continuandosi col cono terminale ora in modo graduale, ora invece bruscamente; questa ultima disposizione s'incontra per lo più nei bambini. Percorre le porzioni lombare, sacrale e coccigea della colonna vertebrale, essendo posto in mezzo alle radici dei nervi lombari, sacrali e coccigei che lo circondano formando la *coda equina* (fig. 78, *b, b'*); inoltre per la massima parte del suo cammino, cioè fino alla II vertebra sacrale, è circondato dagli spazi intermeningei, mentre dalla II vertebra sacrale fino al coccige questi spazi mancano e le meningi formano una stretta guaina fibrosa al filo; per ciò possiamo distinguere nel filo stesso due porzioni, una *interna* (cioè posta entro agli spazi meningei e specialmente allo spazio intraracnoideale) ed una *esterna* (cfr. a pg. 141).

Dovendo percorrere il canale vertebrale che compie delle curve cioè la curva lombare, la curva sacrale e la coccigea, il filo terminale si adatta passivamente ad esse (fig. 85); decorre fra i filamenti della metà anteriore della coda equina, e con essi è riunito per mezzo di esili fili connettivi; la sua posizione è così resa immobile.

Il filo terminale ha forma cilindrica, con un diametro medio di 2 mm. negli adulti e di 1 mm. nei neonati; intorno alla sua lunghezza assoluta e relativa ci siamo già intrattenuti (cfr. pg. 143). Il suo colore è generalmente cinereo e spiccano però per il colore alcuni vasi sanguiferi longitudinali contenuti nella sua compagine; sulla faccia posteriore in alto, presso al cono terminale, si osservano talora due striscioline bianche laterali, costituite dalle ultime fibre della sostanza bianca della midolla spinale. Nella porzione interna è accompagnato da due paia di sottili filamenti bianchi che sono le radici dei nervi coccigei; essi rimangono adesi al filo per mezzo di fini trabecole connettive. In alto si osservano talvolta anastomosi nervose tra queste e le radici sacrali vicine.

Riguardo alla conformazione interna del filo terminale si nota che a misura che esso si allontana dal cono terminale perde sempre più l'aspetto di un filamento nervoso per prendere

quello di un filamento fibroso; ciò dipende dal fatto che la parte nervosa del filo si riduce a poco a poco, mentre si inspessisce nel medesimo grado la guaina formatagli dalla pia madre (Sterzi 1901). Da ciò ne risulta che malgrado il mutamento nella struttura, il calibro del filo si conserva costante. Il limite a cui termina il tessuto nervoso varia nei diversi individui; in media si può ritenere che esso si trovi a 6 cm. dall'apice del cono terminale; macroscopicamente pare che si trovi qualche centimetro più in alto. Il tessuto nervoso nelle sezioni appare come un nucleo gelatinoso, posto nel centro del filo.

Nella parte più alta del filo, per un tratto di 2-3 cm. dal cono terminale, si continua in esso il canale centrale, riformatosi sotto al ventricolo terminale (cfr. pg. 183). Esso è per lo più schiacciato dall'innanzi all'indietro e mostra evidenti segni di forte atrofia; spesso è diviso in 2-3 canali da setti endodimali.

Il filo terminale esterno è più grosso dell'interno perchè lo forma una robusta guaina fibrosa, proveniente dalla dura madre e dall'aracnoide, fuse con la pia madre che, come sopra dissi, circondano il filo interno (cfr. al capitolo: Meningi). Nel filo esterno decorrono vasi sanguiferi. I sopra ricordati nervi coccigei lo abbandonano ben tosto per raggiungere lo spazio tra la prima vertebra coccigea e l'ultima vertebra sacrale; il filo esterno, ridotto allora a semplice filamento fibroso, si schiaccia dall'avanti all'indietro e termina fissandosi sul corpo della I-II vertebra coccigea e continuandosi col legamento sacro-coccigeo posteriore profondo. Dai suoi lati si dipartono delle linguette laterali che terminano nella faccia posteriore delle ultime vertebre coccigee confondendosi col loro periostio e che rappresentano i nervi coccigei dei mammiferi caudati; questi nervi nell'uomo sono scomparsi e di essi sono rimaste le sole parti fibrose (guaine connettive).

Varietà della midolla spinale

Non sono molto numerose le varietà della midolla spinale.

Le varietà nella forma esterna sono poco note; ho potuto osservarne alcune che qui accenno. In un caso (uomo di 46 anni regolarmente conformato) ho osservato l'apice del cono terminale all'altezza della terza vertebra lombare; i nervi della coda equina erano quindi meno numerosi che normalmente; questa anormale lunghezza della midolla è spiegabile con un accrescimento con-

genito maggiore del normale. Furono anche registrati casi di accorciamento abnorme della midolla spinale (cfr. a pg. 153).

Un'altra varietà che ho constatato riguarda la forma del cono terminale. Questo normalmente si assottiglia a poco a poco per continuarsi col filo terminale (fig. 76); come varietà può assottigliarsi rapidamente, cosicchè il cono terminale è lungo appena 1 cm.

La midolla spinale non ha sempre uguali dimensioni; può essere anormalmente sottile (micromielia), pur mantenendosi integra la sua funzione. Per una serie di termini intermedi si può passare ad una vera mostruosità della midolla, nella quale la grande piccolezza dell'organo si accompagna a profonde alterazioni funzionali; tale mostruosità è per lo più concomitante a mostruosità encefaliche (anencefalia, porencefalia, aplasia del cervello). Nella micromielia leggiera la struttura generale dell'organo non è alterata; nella micromielia molto spiccata si può avere mancanza totale di alcuni fasci, come del fascio cortico-midollare diretto e dell'incrociato.

Ho già ricordato (pg. 157) come la mancanza degli arti o gli arresti del loro sviluppo si accompagnino a mancanza od a piccolezza dei rigonfiamenti.

Le varietà della conformazione interna della midolla si distinguono in quelle della sostanza grigia, in quelle della sostanza bianca ed in quelle del canale centrale.

La sostanza grigia interna può presentare dei processi anormali che si spingono nella circostante sostanza bianca; non vanno confusi con le *eterotopie della sostanza grigia*, che sono nuclei di sostanza grigia isolati dalla sostanza grigia interna e contenuti nei cordoni della midolla. Le eterotopie non producono apprezzabili alterazioni nella funzione midollare, a meno che non siano associate ad altre anomalie od a mostruosità della midolla. Riguardo ad esse non si deve dimenticare che nelle midolle spinali tolte con poca cautela da cadaveri non molto freschi è facile produrre delle eterotopie artificiali; una compressione un po' forte sulla midolla può spingere la sostanza grigia rammollita entro alla sostanza bianca; e molti casi descritti come eterotopie della midolla appartengono a questa categoria (Corning).

Le varietà della sostanza bianca sono costituite da fasci e da porzioni di fasci decorrenti entro alla sostanza grigia. La più frequente è data da fibre del fascio cortico-midollare incrociato

costituenti un fascetto distinto che discende nelle basi delle colonne posteriori e termina assottigliandosi a poco a poco.

Le varietà del canale centrale sono o un'anormale ampiezza di esso o la anormale chiusura. Il canale centrale può rimanere aperto in dietro per un certo tratto; allora la commessura grigia posteriore viene ad essere interrotta. Non ho mai veduto l'apertura penetrare nel setto mediano posteriore ma la cosa è possibile. Queste varietà si interpretano quali arresti nel saldamento delle pareti di tale canale, che come meglio vedremo in seguito, nell'embrione è una fessura estesa fino alla faccia dorsale della midolla che poi si chiude dall'indietro in avanti sino a ridursi ad un piccolo condotto cilindrico.

Le anormali chiusure del canale centrale sono dovute al fatto che la proliferazione epiteliale che normalmente avviene in tutta la periferia (cfr. a pg. 186), si compie solo in uno od in pochi punti della sua parete ed allora si producono delle trabecole epiteliali dapprima, ma più tardi anche gliali, che dividono il canale primitivo in due o più canali. Ordinariamente questo fatto avviene per un breve segmento di midolla spinale; sopra e sotto ad esso i canalini abnormi terminano nel condotto normale.

Una duplicità del canale centrale si può anche produrre per incompleto saldamento delle sue pareti durante la vita embrionale, quando la fessura centrale primitiva si riduce ad un canale; allora oltre al canale centrale normale se ne osserva uno abnorme situato dietro al precedente, nel piano mediano sagittale. Il canale abnorme può aprirsi con le sue estremità nel condotto normale, oppure può terminare con una o con entrambi a fondo cieco. La duplicità del canale centrale si osserva spesso in vicinanza del ventricolo terminale (Naga o).

Questo può essere più o meno ampio; si può ridurre ad una piccola dilatazione fusiforme del canale centrale; la sua mancanza nel neonato non fu mai osservata.

Dalle ora menzionate varietà si passa per gradi ad importanti anomalie ed a mostruosità della midolla che interessano l'anatomia patologica; ricordo tra queste l'apertura mediana posteriore del canale centrale per tutta la midolla (che rappresenta la persistenza della primitiva doccia midollare), le dilatazioni cistiche del canale centrale (mielocistocele, mielomeningocele) che si associano ad arresti di sviluppo degli archi vertebrali, ecc. Può aversi la mancanza totale o parziale della midolla spinale

(amielia), lo sdoppiamento parziale o totale della midolla spinale (diastematomyelia) la micromielia consecutiva ad arresto di sviluppo dell'encefalo (anencefalia). Varie lesioni anatomo-patologiche possono infine produrre delle cavità nell'interno della midolla spinale, le quali ora sono tappezzate da epitelio ependimale ed ora no; la formazione di tali cavità costituisce quella alterazione patologica che ha il nome di siringomielia, per notizie sulla quale, come sulle mostruosità, rimando il Lettore ai libri di Anatomia patologica.

§ 3

Struttura

La struttura della midolla spinale è argomento molto complicato, intorno a cui i recenti studi di anatomia umana, di anatomia comparata, di embriologia e di fisiologia hanno portato molta luce, modificando in diversi punti le idee che avevamo fino a pochi anni or sono. La complicità nella struttura dipende dal fatto che la midolla spinale, oltre ad essere un organo autonomo, è pure un organo intimamente connesso per mezzo di vie ascendenti e di vie discendenti con i vari organi encefalici.

Divideremo questo paragrafo in tre parti: nelle prime due ci occuperemo della midolla spinale propriamente detta, studiando prima la struttura della sostanza grigia e poi quella della sostanza bianca; nella terza parte esamineremo la struttura del filo terminale.

I — Struttura della sostanza grigia

a) Strato corticale

Lo *strato corticale* (fig. 111) è costituito in prevalenza da tessuto gliale e quindi alcuni autori (Gierke) lo hanno chiamato « membrana gliale » della midolla; però contiene anche elementi nervosi.

Le *cellule nervose* sono molto scarse; ne ho vedute alcune nella faccia laterale della midolla spinale di bambini neonati e sono fusiformi, disposte longitudinalmente, con scarsi dendriti che si dipartono dai poli della cellula e con un sottile neurite che

penetra nella sostanza bianca; ho potuto osservare qualche cellula simile anche nella midolla spinale di una giovanetta di 17 anni. In molti mammiferi (cavallo, cane, gatto, coniglio, scimmia, riccio) tra le cellule suddette, che sono molto più numerose che

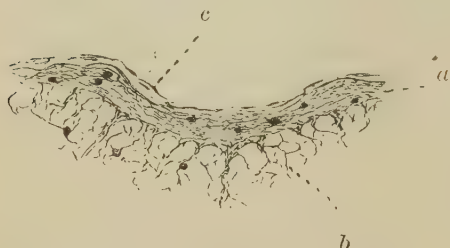


Fig. 111 — Strato grigio corticale (midolla spinale di bambino: sezione trasversale: metodo del Weigert). — a, strato corticale; b, sostanza bianca; c, pia madre.

nell'uomo, trovasi un plesso di fibre nervose varicose (Nemiloff); è probabile che esso esista anche nell'uomo. In questi animali le cellule in parte assomigliano alle radicolari ed in parte alle commessurali e sono circondate da un ricco plesso pericellulare (1).

Le *cellule di nevroglia* hanno forma un po' varia, ma si

possono ricondurre tutte ad uno dei seguenti due tipi, cioè a cellule rotondeggianti ed a cellule poliedriche. Le prime sono situate ad una certa distanza dalla superficie dello strato, hanno corpo piccolo, sferoidale ed emettono numerosi prolungamenti da tutta la loro periferia che penetrano nello strato corticale e si intrecciano coi prolungamenti delle cellule vicine; alcuni di essi si estendono fino alla superficie della midolla, ove terminano allargati a cono.

Le cellule poliedriche sono situate per lo più a breve distanza dalla superficie esterna dello strato corticale e con una delle loro faccette, che ordinariamente è la più larga, sono volte verso questa superficie; pure da esse originano molti prolungamenti, distinti in centrali ed in periferici. I primi, provenienti da tutta la superficie del corpo cellulare, tranne che da quella volta verso l'esterno, si addentrano nello strato corticale intrecciandosi con quelli delle cellule vicine; i secondi, con decorso più o meno diritto, volgono verso la superficie della midolla e vi terminano allargati a cono, contribuendo alla formazione della *membrana limitante esterna* della midolla spinale (cfr. a pg. 73). Le fibre della nevroglia marginale, oltre che derivare dalle cellule proprie dello strato in questione provengono anche da cellule situate nei

(1) Nel paragrafo, nel quale ci occuperemo dell'anatomia comparata della midolla, vedremo come in vari cranioti lo strato corticale contenga anche nuclei di cellule nervose.

setti che si trovano nella sostanza bianca e che si staccano dallo strato corticale (pg. 167). L'intreccio formato dalle fibre gliali è molto fitto e nelle sezioni un po' grosse appare come un feltro (fig. 111); vi predominano le fibre circolari, ma ve ne sono molte anche di tangenziali e di radiali (Weigert). Le fibre mi sembrano più compatte verso la membrana limitante.

I prolungamenti delle cellule dei cunei endodermali attraversano l'intreccio gliale, non prendendo alcun rapporto con esso e terminano contribuendo a formare la membrana limitante esterna. Questa, veduta in superficie, appare come un epitelio pavimentoso o come una rete a maglie poligonali, nella quale l'area di ogni maglia rappresenta l'estremità di un prolungamento gliale od endodermale; veduta invece in sezione si mostra costituita da tanti piccoli coni che con le basi sono volti verso l'esterno e con gli apici si continuano con uno dei prolungamenti suddetti (cfr. a pg. 73).

I setti che si dipartono dallo strato corticale ed i tratti nei quali esso è inspessito, hanno la struttura di tale strato; solo deve osservarsi che l'intreccio delle fibre gliali è meno fitto e che non si ha più prevalenza di fibre con una speciale direzione. Oltre ai setti dallo strato corticale si dipartono numerosissime e finissime laminette che s'interpongono tra le singole fibre nervose della sostanza bianca nelle quali penetrano scarsi prolungamenti gliali.

Nello strato corticale dell'adulto si osservano con frequenza dei *corpuscoli amiloidei* e se ne possono trovare anche nei setti principali (cfr. a pg. 87); sono piccoli (i loro diametri variano da 15 a 30 μ), di forma ellissoidale o sferoidale e si trovano per lo più in corrispondenza dei cordoni posteriori; cominciano a comparire dopo i 30 anni. Non mostrano struttura concentrica, ma però non di rado si riconosce in essi un nucleo centrale. Sembrano costituiti da una sostanza albuminoidea e per ciò il nome col quale vengono designati non è molto proprio; forse contengono anche glicogeno (Wichmann).

b - Sostanza grigia interna

La *sostanza grigia interna* della midolla spinale ha una struttura molto più complicata dello strato corticale essendo costituita da molto tessuto nervoso e da tessuto gliale.

Tessuto nervoso — Presenta una grande quantità di cellule, varie per forma, per dimensioni e per decorso dei prolungamenti. Sono tutte multipolari e si possono distinguere in tre

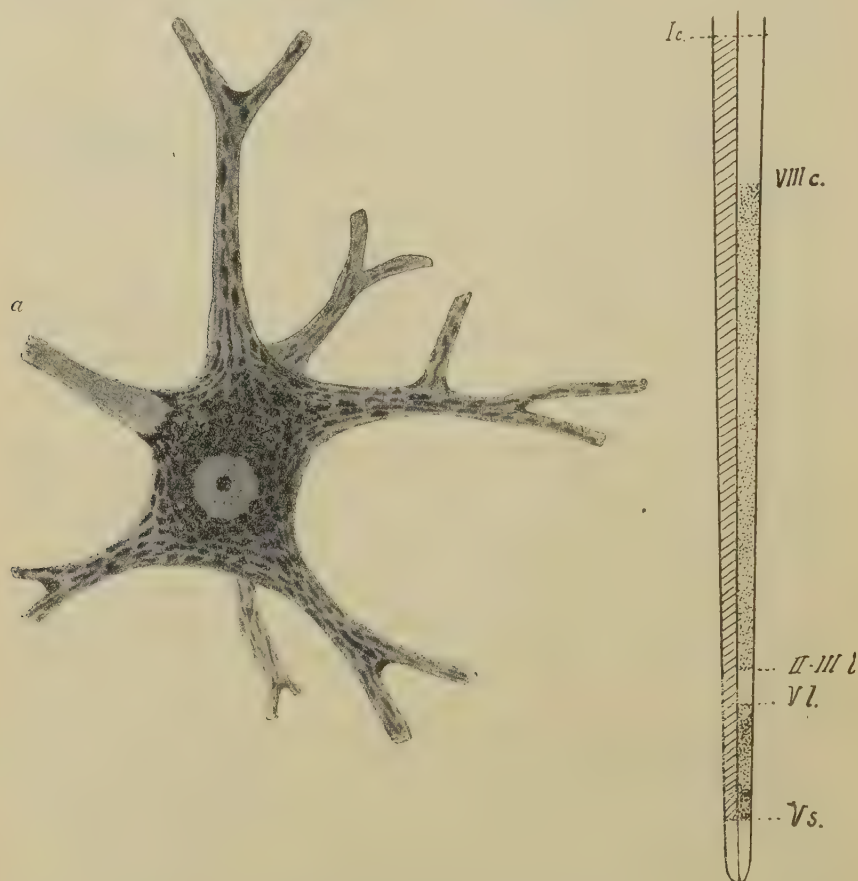


Fig. 112 — Cellula radicolare somatica (dal rigonfiamento lombare di un uomo di 47 anni; metodo del Nissl). — *a*, neurite.

Fig. 113 — Distribuzione delle cellule radicolari somatiche e viscerali nella midolla spinale umana (Schema). — La midolla è rappresentata in tutta la sua lunghezza; la zona tratteggiata indica la porzione nella quale si trovano le cellule radicolari somatiche; la zona punteggiata indica le parti contenenti le cellule radicolari viscerali; i numeri e le lettere designano le origini dei nervi (*Ic*, nervo cervicale primo; *Vs*, nervo sacrale quinto, ecc.).

gruppi, cioè nelle *cellule radicolari*, nelle *cellule funicolari* e nelle *cellule proprie* della sostanza grigia (cfr. a pg. 120).

1. *Cellule radicolari* — Sono cellule di forma poligonale, di solito molto grosse (il loro diametro varia da 30 a 135 μ , multi-

polari, con 4-16 robusti dendriti ed un solo neurite, con nucleo cospicuo (10-20 μ) rotondo od ovale, per lo più ricche di sostanza cromatica e di neurofibrille (fig. 112). Si possono distinguere in *cellule radicolari somatiche* ed in *cellule radicolari viscerali*; le prime danno origine ai nervi motori somatici, le seconde ai nervi motori viscerali (cfr. a pg. 123). Esaminiamole separatamente.

Le *cellule radicolari somatiche* si trovano esclusivamente nelle colonne anteriori ed in tutta la midolla spinale, tranne che nel segmento di essa situato sotto all'origine apparente del V paio di nervi sacrali (fig. 113); nel tratto più inferiore della midolla spinale mancano adunque le cellule radicolari somatiche (fig. 113). I loro dendriti si diramano da tutta la periferia del corpo cellulare, ma per la massima parte seguono una delle seguenti direzioni (fig. 114): o attraverso alla commessura grigia anteriore ed alla commessura bianca si ramificano nella base del corno anteriore del lato opposto (*dendriti interni* del Cajal: fig. 114, *b*); oppure vanno anteriormente, spandendosi tra le fibre della sostanza bianca senza mai giungere alla superficie della midolla (*dendriti anteriori* del Cajal: *d*); o si dirigono posteriormente e terminano nel corno posteriore del medesimo lato (*dendriti dorsali* del Cajal: *g*) (1); o volgono lateralmente e terminano nel corno laterale o nella formazione reticolare del medesimo lato (*dendriti marginali* del Cajal: *f*); infine molti si dirigono verticalmente in alto od in basso, spandendosi nella sostanza grigia ed anche nella sostanza bianca circostante (*dendriti verticali* del Cajal). Il neurite si dirige anteriormente ed attraversa il cordone anteriore della midolla dopo essersi circondato di mielina (fig. 114); riuniti in gruppi i cilindrassi così formati compaiono nella striscia radicolare anteriore costituendo le radicole delle radici anteriori, e per mezzo di queste radici vanno a distribuirsi ai muscoli volontari. Prima di penetrare nella sostanza bianca (e nel feto raramente anche dopo la penetrazione) dai neuriti di alcune cellule radicolari originano scarse collaterali che terminano spandendosi tra le cellule radicolari somatiche (fig. 114, *a*); il loro significato è ancora sconosciuto.

(1) In alcuni mammiferi, nei rettili e negli anfibî sono molto numerosi e costituiscono uno strato compatto lungo la faccia laterale delle colonne anteriori e posteriori; a tale strato, che nelle sezioni trasversali della midolla appare come un fascio, il Cajal dà il nome di *fascio protoplasmatico tangenziale o limitante*.

Le cellule radicolari somatiche sono molto grosse (da 70 a 135 μ di diametro) ed il loro corpo a fresco appare chiaro ed omogeneo; i vari metodi di tecnica vi dimostrano invece neurosomi, neurofibrille, sostanza cromatica, pigmento, apparato reticolare. Il nucleo è grosso, chiaro, con membrana cromatica molto colorabile, con una sottile rete puntiforme di cromatina e con



Fig. 114 — Cellula radicolare somatica (midolla di feto di gatto; metodo del Golgi; sec. il Cajal). — *a*, collaterale del neurite *c*; *b*, dendriti interni; *d*, *e*, dendriti anteriori; *f*, dendriti marginali; *g*, dendriti posteriori.

un grosso nucleolo poco colorabile. Le neurofibrille non costituiscono reti, ma attraversano semplicemente il corpo cellulare (cellule a tipo fascicolato: pg. 27). La sostanza cromatica è disposta in masse formanti una specie di corona attorno al nucleo; sono più addensate vicino ad esso che vicino alla superficie del corpo cellulare e non appaiono omogenee; mostrano un aspetto reticolato (Held); si distinguono cellule ricche e cellule

povere di sostanza cromatica. Il pigmento, che appartiene alla categoria del lipocromo, manca nel bambino.

Le *cellule radicolari viscerali* sono situate nelle colonne laterali (fig. 115), nelle maglie della formazione reticolata ed anche nelle basi delle colonne anteriori; non sono però estese a tutta la midolla spinale (fig. 113), ma si trovano solo nella midolla toracica e lombare, cioè nel segmento compreso tra il 1° nervo cervicale ed il 2°-3° nervo lombare e si trovano anche nella midolla lombo-sacrale, tra le origini del 5° nervo lombare e del 5° nervo sacrale (fig. 113).

I dendriti non di rado costituiscono due gruppi che originano da due angoli del corpo cellulare; più spesso originano da tutta la periferia della cellula. Essi penetrano tra le basi delle colonne anteriori e posteriori del medesimo lato oppure nei setti della formazione reticolata.

Il neurite volge in avanti cioè verso il corno anteriore e si mescola con quelli delle cellule radicolari somatiche (1); con essi attraversa la sostanza bianca e compare nella striscia radicolare per continuarsi nelle radicole delle radici anteriori. Istologicamente nè il neurite nè la fibra nervosa che gli fa seguito presentano alcuna differenza da quelli provenienti dalle cellule radicolari somatiche; la diversità è solo nella distribuzione e quindi nella funzione. Abbiamo già veduto (cfr. a pg. 124-125) che il neurite delle cellule radicolari somatiche va a terminare ai muscoli volontari delle pareti del corpo, mentre invece quello delle cellule radicolari viscerali abbandona il nervo spinale appena che questo si è formato per la fusione della radice anteriore con la corrispondente radice posteriore, e per mezzo dei rami comunicanti bianchi penetra nei gangli del simpatico ove termina distribuendosi in corrispondenza di varie cellule simpatiche; queste costituiscono nuovi neuroni i cui neuriti si diramano nella muscolatura involontaria dell'organismo (dei visceri, dei vasi, ecc).

Le cellule radicolari viscerali sono di solito più piccole delle somatiche; il loro diametro medio è di 25-80 μ , il loro numero complessivo in ogni metà della midolla circa di 88500 (Bruce). Per la struttura assomigliano alle somatiche; anche le viscerali esaminate a fresco sembrano vescicole trasparenti, senza struttura.

2. *Cellule funicolari* (2) — Hanno forma molto varia, essendovene di poliedriche, di fusiformi, di appiattite, ecc.; le loro di-

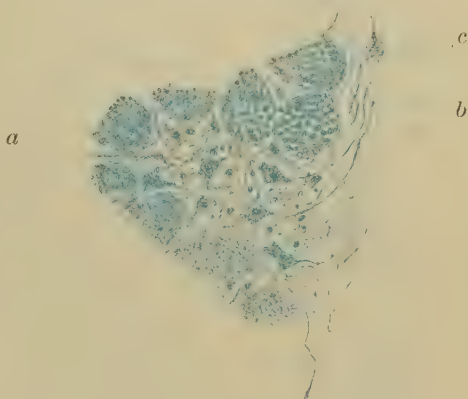


Fig. 115 — Cellule radicolari viscerali (corno laterale di midolla spinale di bambino: coloraz. con tionina). — *a*, corno laterale; *b*, neuriti delle cellule radicolari viscerali; *c*, cellula radicolare somatica del corno anteriore.

(1) Nei cranioti inferiori alcuni neuriti radicolari viscerali si accompagnano ai somatici ed altri invece escono dalla midolla insieme alle radici dorsali, dopo aver attraversato le colonne omonime. Nei mammiferi e nell'uomo non ne furono mai osservati di questa seconda specie.

(2) Sinonimia: *Cellule cordonali*.

mensioni sono pure diversissime perchè dalle cellule piccolissime che si trovano nella sostanza gelatinosa del Rolando (diametro di 6-20 μ) si passa per una serie grandissima di termini intermedi alle grosse cellule delle colonne del Clarke (60-110 μ); il numero dei dendriti è svariato, poichè in alcune ne originano da tutta la periferia del corpo cellulare, in altre se ne vedono solo tre o quattro; però in generale si tratta di cellule multipolari. Le neurofibrille entro al corpo cellulare sono per lo più a

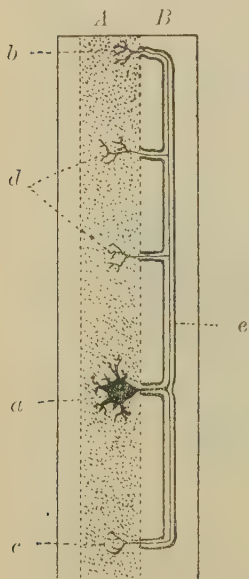


Fig. 116 — Cellula funicolare (Schema). — La midolla spinale è rappresentata in sezione sagittale: A, sostanza grigia interna; B, sostanza bianca. — a, corpo cellulare; b, c, terminazioni del ramo ascendente e del ramo discendente del neurite; d, collaterali; e, guaina mielinica.

tipo reticolato; la sostanza cromatica generalmente è meno abbondante che nelle cellule radicolari; il pigmento è più o meno distribuito; l'apparecchio reticolare interno esiste ma non è così facilmente dimostrabile come nelle precedenti. Si trovano in tutta la sostanza grigia interna della midolla spinale, ora raccolte in gruppi, in nuclei od in colonne, ora sparse senza ordine quà e là.

I loro dendriti non mostrano decorso speciale; quelli di alcuni gruppi di cellule funicolari formano dei fasci che attraversano in varia guisa la sostanza grigia e vi si distribuiscono; quelli di altre cellule terminano pure nella sostanza grigia, ma isolatamente e senza ordine.

Per lo più i dendriti terminano nella metà omologa della sostanza grigia; qualche volta attraversano le commisure grigie e si distribuiscono nella metà di sostanza grigia interna opposta a quella che contiene il corpo cellulare.

Il carattere fondamentale di queste cellule è il decorso del neurite, il quale esce sempre dalla sostanza grigia per penetrare nella sostanza bianca della midolla (fig. 116); quivi giunto si divide a T in due rami, uno ascendente e l'altro discendente che, essendo circondati da guaina mielinica (e), contribuiscono a formare i cordoni della sostanza predetta (onde il nome di *cellule funicolari*). Il ramo discendente dopo un decorso non molto lungo si ripiega bruscamente ad angolo e, perduta la guaina midollare, torna a

penetrare nella sostanza grigia interna (4), dove si risolve in una arborizzazione più o meno estesa (c). Il ramo che ascende, si comporta fundamentalmente nella medesima maniera; ma esso termina penetrando nella sostanza grigia a varia altezza dalla sua origine e cioè o vicino a questa origine, o lontano da essa, mantenendosi però sempre nella midolla spinale, o lontano da essa nell'encefalo. Le cellule funicolari per mezzo dei loro neuriti servono quindi a porre in connessione la sostanza grigia di segmenti vicini della midolla spinale, o quella di segmenti lontani, o finalmente la sostanza grigia della midolla spinale con quella dell'encefalo.

Tanto dal ramo discendente che dal ramo ascendente della biforcazione neuritica si dipartono rami secondari, chiamati *collaterali* (fig. 116, d; fig. 117), che si comportano come le terminazioni dei rami principali, cioè penetrano nella sostanza grigia e vi terminano con arborizzazioni. Per conseguenza lo stimolo portato su una cellula funicolare non si trasmette solo alle estremità della biforcazione neuritica, ma anche a molti segmenti di sostanza grigia situati tra quelli nei quali terminano le estremità predette.

Le cellule funicolari si distinguono in *cellule funicolari propriamente dette* ed in *cellule commessurali*.

Le *cellule funicolari propriamente dette* (fig. 118, 1, 4) sono quelle i cui neuriti contribuiscono a formare fasci della medesima metà della midolla nella quale esse si trovano. E queste cellule si suddividono in *cellule del cordone anteriore*, in *cellule del*

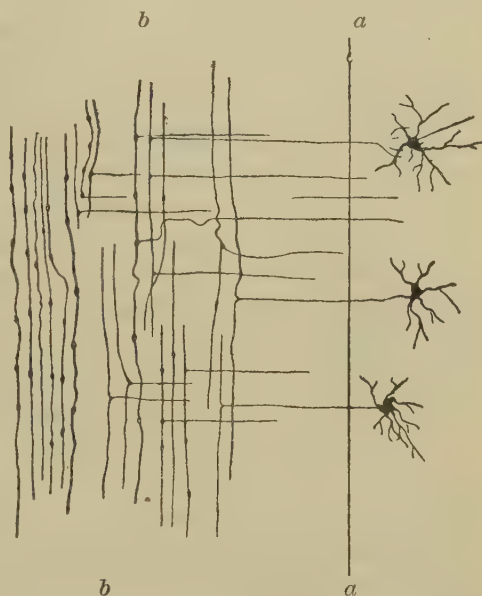


Fig. 117 — Cellule funicolari (sezione sagittale della midolla spinale di un cane neonato; metodo del Golgi; sec. il Cajal). — a, a, limite tra sostanza grigia e sostanza bianca b; in quella si vedono i corpi di tre cellule, in questa le divisioni a T dei loro neuriti.

cordone laterale ed in *cellule del cordone posteriore* secondo che contribuiscono a formare l'uno o l'altro cordone della midolla.

Le *cellule commessurali* (fig. 118, 2, 3) sono invece quelle cellule funicolari i cui neuriti, attraversando la commessura anteriore o le commessure intracentrali, contri-

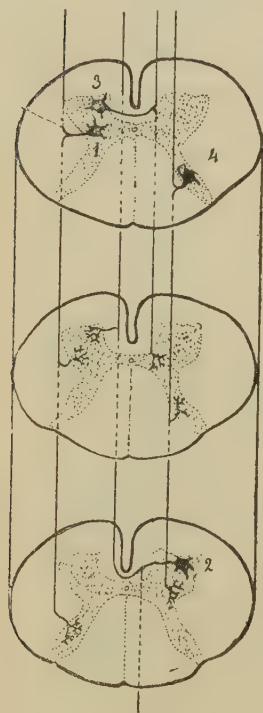


Fig. 118 — Principali specie di cellule funicolari della midolla spinale umana (Schema). — 1, cellula funicolare propriamente detta del cordone laterale; 2, cellula commessurale a terminazione bilaterale; 3, cellula commessurale a terminazione eterolaterale; 4, cellula funicolare propriamente detta del cordone posteriore.

buiscono a formare i cordoni della metà di midolla opposta a quella nella quale esse si trovano. Tra le cellule commessurali ve ne sono alcune il cui neurite passa nella metà opposta della midolla ed allora si divide nel suo ramo ascendente e nel suo ramo discendente, e chiameremo tali cellule *cellule a terminazione eterolaterale* (fig. 118, 3); ve ne sono invece altre nelle quali il neurite si divide a T nella stessa metà di midolla che contiene il corpo cellulare ed uno dei rami del neurite (di solito quello ascendente) si reca nella metà opposta della midolla attraverso alle commessure, mentre l'altro ramo rimane nella metà omonima di midolla e contribuisce a formarne i cordoni; indicheremo queste cellule come *cellule a terminazione bilaterale* (fig. 118, 2). Vi possono anche essere cellule di questo tipo nelle quali la divisione a T del neurite avviene nella metà opposta della midolla ed uno dei rami ritorna attraverso alle commessure nella metà che contiene il corpo cellulare. Vi sono anche cellule funicolari propriamente dette che presentano collaterali attraversanti le commessure e che quindi oltre a stabilire rapporti tra i segmenti di una stessa metà laterale della midolla ne stabiliscono anche tra le due metà.

3. *Cellule proprie della sostanza grigia* — Sono piccole, sparse in tutta la sostanza grigia e specialmente manifeste nelle colonne posteriori, di solito multipolari ma con pochi prolungamenti (fig. 119). Il loro carattere fondamentale è dato dal neurite, che non esce mai dalla sostanza gri-

gia. Si distinguono in *cellule con neurite lungo* (1) ed in *cellule axoramificate*.

Le *cellule con neurite lungo* presentano il neurite variamente diretto; infatti ora decorre orizzontale o leggermente obliquo (fig. 119, *a*) ponendo così in rapporto parti di sostanza grigia di una metà della midolla situate in un medesimo piano trasversale, ora invece decorre (*b*, *c*) più o meno verticale, ponendo così in rapporto piani vicini di sostanza grigia, ma situati ad altezza diversa. Queste ultime mi sono sembrate le più frequenti e per vederle occorre esaminare sezioni frontali o sagittali della midolla.

Le *cellule axoramificate* (fig. 119, *d*), ammesse da tutti i ricercatori, sono situate per lo più nelle colonne posteriori e nella sostanza gelatinosa del Rolando; l'arborizzazione del loro brevissimo neurite serve a stabilire connessioni tra punti vicinissimi della sostanza grigia. Si era dapprima ritenuto che fossero numerose (Golgi), ma le indagini successive (Cajal) fanno invece credere che siano molto scarse. Il neurite si distribuisce per lo più in modo che la sua arborizzazione è disposta in senso longitudinale, cioè parallelamente all'asse midollare; per ciò l'ufficio di tali neuriti è simile a quello dei neuriti delle cellule funicolari, con la differenza però che mentre questi pongono in rapporto piani trasversali della sostanza grigia interna situati ad una distanza più o meno grande, invece quelli delle cellule axoramificate servono a porre in connessione piani trasversali della predetta sostanza vicinissimi tra loro.

Vedute così le varie specie di cellule nervose della sostanza grigia interna della midolla spinale umana, potremo raggrupparle nel modo che è indicato nella tabella posta nella pagina seguente.

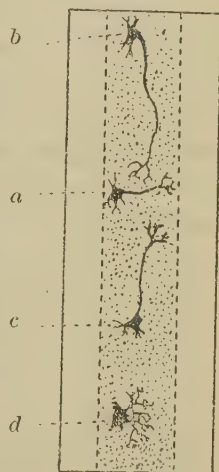


Fig. 119 — Cellule proprie della sostanza grigia midollare (Schema). — *a*, *b*, *c*, cellule con lungo neurite; *d*, cellula axoramificata.

(1) Di queste cellule i Nevrologi non fanno menzione, ma a torto, perchè è facile riconoscerle nei preparati; sono evidenti anche nei vertebrati inferiori (Sterzi 1909) ed è stata la loro presenza nei ciclostomi e nei selaci che mi ha indotto a cercarle nel cane e nel bambino, ove ho potuto constatarle.

<i>Cellule nervose della sostanza grigia in- terna della midolla spinale.</i>	{	<i>radicolari</i> (neurite che diven- ta fibra nervosa pe- riferica)	{	somatiche	
		<i>funicolari</i> (neurite che diven- ta fibra della so- stanza bianca)	{	viscerali	del cordone anteriore
					del cordone laterale
					del cordone posteriore
		<i>proprie</i> (neurite che rimane sempre nella so- stanza grigia)	{	funicolari pro- priamente dette	con terminazio- ni eterolaterali
					con terminazio- ni bilaterali
					con neurite verticale
				commessurali .	
					con neurite lungo
					con neurite trasversale
				axoramificate	

Tutte le cellule predette sono immerse entro ad un fittissimo intreccio nervoso costituito dalle terminazioni dei loro dendriti e da arborizzazioni di neuriti, di collaterali e di cilindrassi provenienti dalla sostanza bianca, sia di origine endogena, sia di origine esogena.

Tessuto gliale — Il tessuto gliale della sostanza grigia interna della midolla spinale è costituito da cellule gliali di forma tipica, appartenenti alle breviraggiate od alle lunghiraggiate (cfr. a pg. 70). In generale l'intreccio delle fibre gliali non è molto compatto ed è sempre meno fitto di quello che abbiamo trovato nello strato corticale della midolla. Le fibre sono più fitte nel contorno della sostanza grigia, nei limiti cioè tra essa e la sostanza bianca; i prolungamenti laminari grigi che vedemmo dipartirsi dalla sostanza grigia ed insinuarsi tra le fibre midollate della sostanza bianca (cfr. a pg. 193), sono costituiti quasi esclusivamente da fibre e da cellule gliali. Del resto oltre a questi prolungamenti, da tutta la periferia della sostanza grigia si dipartono fibre gliali isolate o riunite in minuti fascetti che si addentrano tra le singole fibre nervose della sostanza bianca, in modo simile a quello che abbiamo osservato per lo strato grigio corticale (cfr. a pg. 193). Attorno alle cellule radico-

lari l'intreccio gliale talvolta è più spesso; di regola è poi più fitto attorno ai vasi sanguiferi che attraversano la sostanza grigia (cfr. a pg. 84) costituendo delle membrane limitanti perivascolari.

Ed ora che conosciamo così la struttura generale della sostanza grigia interna della midolla spinale, esaminiamo partitamente prima la struttura della sostanza grigia centrale, poi quella delle colonne.

Sostanza grigia centrale

a) La *sostanza gelatinosa centrale* è costituita quasi da solo tessuto gliale. Le cellule sono ordinariamente poliedriche e piuttosto numerose; i loro prolungamenti formano un fitto intreccio attorno al canale centrale ed in esso prevalgono le fibre trasversali, dirette cioè circolarmente al canale centrale. L'intreccio gliale, che nelle sezioni colorate col metodo del Weigert appare come un denso anello, si continua ininterrotto con quello delle commessure grigie; la sua densità diminuisce a misura che ci si avvicina a queste e poichè diminuiscono pure le fibre circolari, l'intreccio perifericamente ha l'aspetto di un feltro (Weigert).

Questo intreccio gliale viene attraversato dai prolungamenti periferici delle cellule ependimali che tappezzano il canale centrale (fig. 120); alcuni di essi sono diretti trasversalmente e per ciò contribuiscono a costituire l'intreccio stesso.

Oltre al tessuto gliale nella sostanza gelatinosa centrale si trovano alcune cellule poligonali che sembrano cellule nervose atrofiche (Obersteiner) e speciali fibre nervose di origine ancora sconosciuta, bene manifeste dalla regione sacrale fino al VI-VII segmento cervicale e formanti due sistemi posti ai lati del canale centrale (*fascicoli della sostanza gelatinosa centrale*: Rothfeld). Da esse partono ramuscoli che terminano subito attorno alle cellule ependimali con finissime arborizzazioni formanti un fitto *plesso periependimale* (Pensa) da cui si staccano esili rami che penetrano tra le cellule dell'ependima costituendo un ricco *plesso intercellulare*; questo ricorda il modo generale di terminazione delle fibre nervose negli epiteli, ma se ne distingue per la grande ricchezza, per la finezza estrema, per le varicosità e per il decorso ondulato delle fibre (Pensa). Il significato di questi plessi che sono in rapporto con le cellule ependimali è ancora

sconosciuto; il Rothfeld avanza l'ipotesi che siano plessi di natura simpatica simili ai plessi secretori di altri epiteli.

b) Le *commessure grigie anteriore e posteriore* sono anch'esse costituite da tessuto gliale, ma si distinguono dalla sostanza gelatinosa oltre che per minore densità dell'intreccio gliale, anche perchè contengono numerosi neuriti trasversali, appartenenti alle

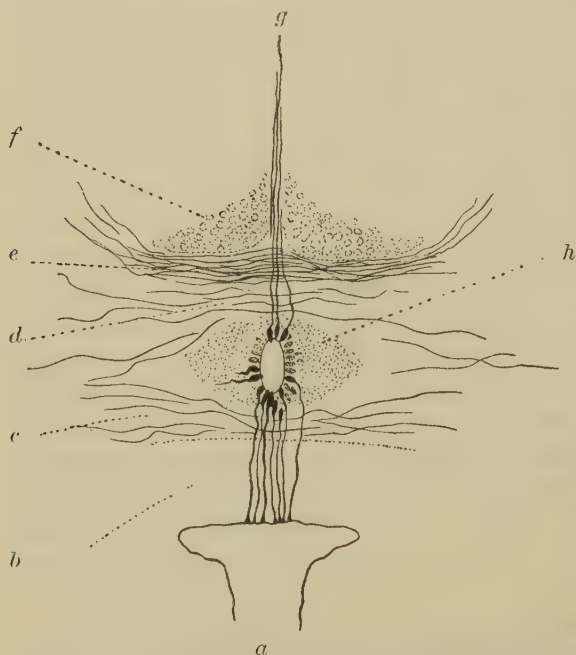


Fig. 120 — Sostanza grigia centrale (sezione trasversale di midolla spinale di bambino a livello del II segmento cervicale: metodo del Golgi): — *a*, fessura midollare in fondo a cui terminano i prolungamenti del cuneo ependimale anteriore; *b*, commessura bianca anteriore (le sue fibre non sono rappresentate); *c*, commessura intracentrale bianca anteriore; *d*, *e*, commessura intracentrale bianca posteriore; *f*, cordone posteriore; *g*, setto posteriore coi prolungamenti del cuneo ependimale posteriore; *h*, sostanza gelatinosa centrale.

commessure intracentrali (fig. 120). Nella porzione toracica della midolla la commessura grigia posteriore contiene lateralmente anche cellule nervose, le quali producono un accumulo in quella zona mal delimitata in cui la commessura si continua con la base del corno posteriore. Queste cellule sono le *cellule mediali* del Waldeyer (1889). Si trovano nel piano frontale che passi per il canale centrale o dietro a questo piano, lateralmente alle colonne del Clarke e vicino ai cordoni laterali (fig. 105, *d*) e costituiscono una specie di colonna cellulare discontinua ossia una serie di nu-

clei posti l'uno sotto l'altro che, secondo l'Argutinsky (1896), hanno disposizione segmentaria. Nelle sezioni trasversali della midolla questi nuclei sono rotondi o circolari ed hanno mm. 0.1 — 0.2 di diametro; ogni nucleo consta di circa 200 cellule. Le cellule sono per lo più allungate e il loro asse principale in media misura 37 μ , quello trasverso 17,5 μ (Argutinsky). Ap-

partengono alla categoria delle cellule funicolari (pg. 197): i loro dendriti non mostrano una speciale direzione, ma terminano nelle basi delle colonne anteriori e posteriori; i neuriti in parte penetrano nei cordoni laterali e nei cordoni anteriori della sostanza bianca del medesimo lato e probabilmente si comportano come quelli delle cellule funicolari delle colonne anteriori e posteriori, che tra poco descriveremo; ed in parte attraversano la commessura bianca o contribuiscono a formare le commessure intracentrali, portandosi nella metà della midolla opposta a quella che contiene il corpo cellulare che li ha originati; questi neuriti vanno a costituire i cordoni laterali del lato opposto (fasci midollo-cerebellari anteriori).

La *commessura intracentrale bianca anteriore* è formata da poche e piccole fibre (il loro diametro medio misura 3 μ) le quali si dirigono trasversalmente dall'una all'altra estremità della commessura grigia anteriore (fig. 120, c). Sono più numerose nel rigonfiamento lombare e nel cono terminale. Le anteriori dopo aver raggiunte le basi delle corna anteriori, si piegano in avanti e penetrano in esse; le altre terminano tra le cellule mediali sopra descritte o volgono verso le basi delle corna posteriori. Chiaramente si tratta quindi di fibre commessurali che, originate in ogni metà laterale della midolla dalle cellule commessurali che troveremo nelle colonne anteriori e posteriori, terminano nella sostanza grigia dell'altra metà, stabilendo così connessioni tra le due metà di tale sostanza. Lo Ziehen (1899) ritiene che alcune fibre posteriori nella base delle colonne posteriori diventino longitudinali.

La *commessura intracentrale bianca posteriore* è molto più manifesta della precedente; nella parte superiore della midolla cervicale e nel cono terminale ha il maggiore sviluppo, mentre è sottile nella midolla toracica. Dove è più sviluppata si mostra costituita da due porzioni (fig. 120), cioè da una zona posteriore (e) nella quale le fibre sono più fitte, e da una zona anteriore (a), situata tra la precedente e la sostanza gelatinosa centrale (h), con fibre più scarse. Le fibre di solito sono trasversali e quasi parallele. La loro natura non è ancora ben determinata; però si può ritenere per sicuro che contribuiscono a formare la commessura intracentrale posteriore: a) collaterali delle fibre radicolari posteriori (afferenti) dei nervi, che si trovano a preferenza nella parte posteriore della commessura; b) collaterali dei cordoni laterali di

un lato che vanno a terminare nella metà grigia opposta della midolla; c) neuriti di cellule proprie della sostanza grigia; d) neuriti di cellule commessurali delle colonne posteriori che vanno nei cordoni laterali del lato opposto. Adunque la commessura intracentrale posteriore serve specialmente a stabilire rapporti tra le colonne posteriori; alcuni ammettono che la attraversino anche fibre delle colonne laterali e delle cellule mediali del Waldeyer, ma il fatto è molto dubbio. (1)

Colonne anteriori

Le colonne anteriori contengono tutte le tre specie di cellule nervose della sostanza grigia e cioè *cellule radicolari*, *cellule funicolari* e *cellule proprie* (cfr. a pg. 194).

Le cellule radicolari, esclusive alle colonne anteriori, si distinguono in *somatiche* ed in *viscerali* (cfr. pg. 195); le prime si trovano dall'estremità superiore fino presso all'apice della midolla, cioè fino all'origine apparente del quinto paio di nervi sacrali; le cellule viscerali si trovano solo in una porzione della midolla e sotto al quarto paio di nervi sacrali occupano tutte le colonne anteriori.

Le *cellule radicolari somatiche*, considerate nel loro insieme, costituiscono due lunghe colonne, una destra e l'altra sinistra, corrispondenti alle colonne anteriori della midolla. Nei vertebrati inferiori le colonne cellulari sono discontinue o presentano restringimenti nel mezzo tra le origini apparenti di due radici motorie consecutive; questa disposizione metamerica non è più riconoscibile nell'uomo. Siccome dalle cellule radicolari somatiche derivano i nervi per i muscoli volontari, le colonne predette hanno maggiori dimensioni in quelle regioni della midolla che innervano un maggior numero di muscoli; per ciò le troviamo sviluppatissime nei rigonfiamenti, originando da essi i nervi per la muscolatura degli arti. Le cellule radicolari somatiche si possono

(1) Negli altri mammiferi le fibre commessurali hanno disposizione un poco diversa da quella descritta sopra nell'uomo; così ad es. nel cane il Cajal vi distingue tre fasci, uno anteriore (*fascio arciforme anteriore*) proveniente da collaterali della parte posteriore del cordone laterale, un *fascio medio* da collaterali della parte posteriore del cordone laterale che parzialmente attraversano le colonne del Clarke, ed un fascio posteriore (*fascio arciforme posteriore*) che proviene da collaterali del fascicolo gracile.

distinguere per ogni corno anteriore in due gruppi, uno mediale e l'altro laterale (Stilling); ognuno di questi due gruppi viene suddiviso in gruppi minori, che variano nelle diverse regioni della midolla spinale.

In corrispondenza dei primi quattro nervi cervicali (fig. 121) le cellule radicolari somatiche sono abbastanza numerose e costituiscono i due gruppi suddetti, ciascuno dei quali è suddiviso in un gruppo anteriore ed in un gruppo posteriore (così formano in ogni colonna quattro gruppi distinti in antero-mediale, *a*; postero-mediale, *b*; antero-laterale, *c*, e postero-laterale, *d*). Le cellule del gruppo postero-laterale sono contenute nel processo laterale delle colonne anteriori (cfr. a pg. 170); da esse origina la porzione midollare del nervo spinale, nervo del quale ci occuperemo nel capitolo del mielencefalo. A livello degli ultimi 4 nervi cervicali (fig. 122) i gruppi laterali aumentano rapidamente in dimensione per l'aumento numerico delle loro cellule e ciascuno di essi si suddivide in due sotto-gruppi, uno interno e l'altro esterno (così in ogni colonna si hanno sei gruppi: antero-mediale, *a*; postero-mediale, *b*; antero-laterale esterno ed antero-laterale interno, *c*; postero-laterale esterno e postero-laterale interno, *d*). Passando nella porzione toracica della midolla (fig. 123) il numero delle cellule radicolari somatiche diminui-



Fig. 121-124 — Cellule radicolari somatiche (in nero) e viscerali (in rosso) nel II segmento cervicale (fig. 121), nel VII segmento cervicale (fig. 122), nel II segmento toracico (fig. 123) e nel X segmento toracico (fig. 124). Midolla spinale di un uomo di 36 anni: sezioni trasversali della colonna anteriore destra. — *Cellule somatiche*: *a*, gruppo antero-mediale; *b*, gruppo postero-mediale; *c*, gruppo antero-laterale; *d*, gruppo postero-laterale; *e*, gruppo mediale; *f*, gruppo laterale; *g*, gruppo unico. — *Cellule viscerali*: *A*, gruppo laterale superiore.

sce ed gli aggruppamenti si confondono in modo che a livello dei primi tre o quattro nervi toracici si possono ancora riconoscere



Fig. 125-128 — Cellule radicolari come nella fig. precedente nel I segmento lombare (fig. 125), nel V segmento lombare (fig. 126), nel III segmento sacrale (fig. 127), nel V segmento sacrale (fig. 128). — *Cellule somatiche*: *a*, *b*, *c*, *d*, *e*, *f*, come nella fig. preced.; *h*, gruppo medio-laterale; *i*, gruppo centrale. — *Cellule viscerali*: *A*, gruppo laterale superiore; *B*, gruppo mediale; *C*, gruppo laterale inferiore.

un gruppo laterale (*f*) ed uno mediale (*e*), ma non più suddivisi in gruppi secondari: a livello del V-X paio toracico la riduzione si è spinta tanto che non sono più neppure riconoscibili i due gruppi ora ricordati ma si ha un nucleo solo (fig. 124). Però in corrispondenza degli ultimi due nervi toracici le cellule ricominciano ad aumentare di numero e si distinguono di nuovo in un gruppo mediale ed in uno laterale; ed a livello del I nervo lombare (fig. 125) specialmente il nucleo mediale è numeroso e lo si può suddividere in un gruppo antero-mediale (*a*) ed in un gruppo postero-mediale (*b*). A misura che si discende in basso (fig. 126) il gruppo mediale diminuisce, mentre aumenta straordinariamente il laterale, nel quale si suddividono tre gruppi, uno antero-laterale (*c*), uno medio-laterale (*h*) ed uno postero-laterale (*d*); inoltre compare un gruppo nuovo, che si continua in alto col laterale, e che ha il nome di gruppo centrale (*i*). Nella porzione sacrale della midolla (fig. 127) il gruppo laterale (*f*) rapidamente si riduce, mentre torna a farsi più sviluppato il gruppo mediale (*e*) ed a livello

del V nervo sacrale (fig. 128) i due gruppi, dopo essersi ridotti a poche cellule, scompaiono.

Le *cellule radicolari viscerali* sono situate nelle colonne anteriori solo nel breve tratto di midolla compreso tra la origine del IV paio lombare e quella del V paio sacrale (fig. 113); per il resto si trovano nelle colonne laterali e nella formazione reticolare, come vedremo nelle pagine seguenti. Finchè le colonne anteriori contengono anche cellule radicolari somatiche (cioè tra l'origine

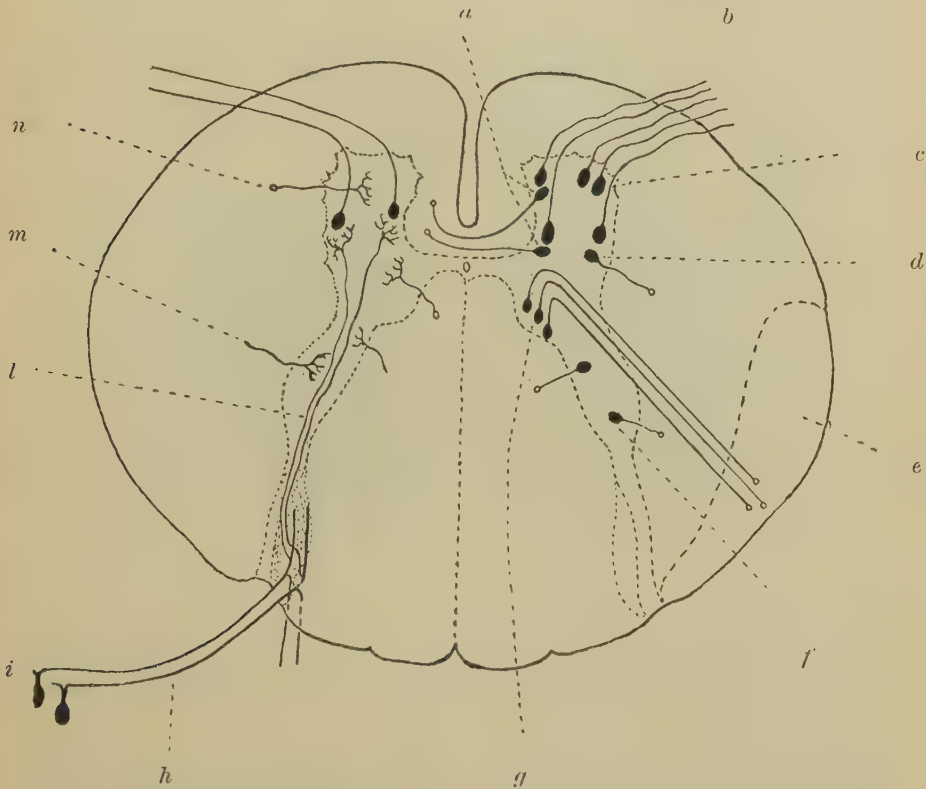


Fig. 129 — Cellule nervose della midolla spinale umana (Schema). — *a*, cellule commessurali; *b*, radici anteriori; *c*, cellule radicolari; *d*, cellula funicolare propriamente detta del corno anteriore; *e*, fasci midollo-cerebellari; *f*, cellula funicolare propriamente detta del corno posteriore; *g*, nucleo magnicellulare basale; *h*, radice posteriore; *i*, cellule dei gangli spinali; *l*, collaterali delle radici posteriori; *m*, terminazione di una fibra funicolare propriamente detta; *n*, collaterale di una di tali fibre.

del IV paio lombare e quella del IV paio sacrale), le viscerali si trovano nel lato mediale della base di ogni corno (fig. 126, 127), costituendo un nucleo che ha il nome di *nucleo viscerale mediale*; quando poi le cellule somatiche cessano (cioè sotto al IV paio sacrale), allora le viscerali aumentano di numero e si diffondono

in tutta la testa del corno anteriore (fig. 128), formando dei sottogruppi, distinti in mediale ed in laterale (fig. 128).

Le *cellule funicolari* delle colonne anteriori sono sparse tra le radicolari. Le mediali tra esse appartengono alla categoria delle commessurali (pg. 200; fig. 129 *a*); i loro dendriti si distribuiscono nelle colonne anteriori omolaterali, alcuni penetrano nel

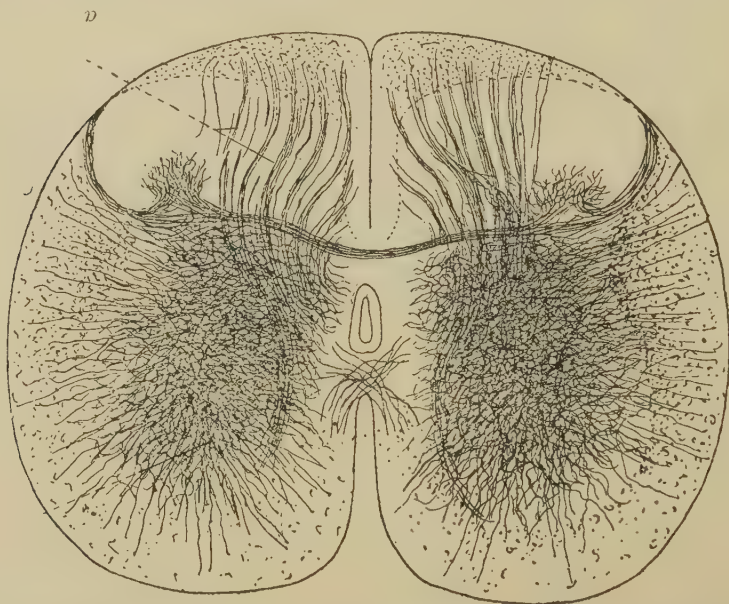


Fig. 130 — Intreccio di neuriti, di collaterali e di dendriti nella sostanza grigia (midolla spinale di gatto dell'età di 2 giorni; sezione trasversa nella porzione lombare sec. il Van Gehuchten). — *a*, collaterali delle fibre sensitive delle radici posteriori.

cordone anteriore dello stesso lato e qualcuno volge verso la commessura grigia anteriore; i neuriti vanno nella sostanza bianca, si circondano tosto di mielina e così attraversano la commessura bianca (fig. 129), portandosi nella metà opposta della midolla; allora si dividono a T nel modo già descritto (pg. 200) contribuendo a costituire i cordoni anteriori. Sembra che nell'uomo emettano rade collaterali; in altri mammiferi queste sono invece molteplici e alcune ritornano attraverso alla commessura nella metà di midolla che contiene i corpi cellulari che le hanno originate.

Le cellule funicolari laterali appartengono alla categoria delle funicolari propriamente dette (pg. 199); i loro neuriti vanno quindi

ai cordoni anteriori e laterali del medesimo lato (fig. 129 *d*). Sono più numerose nel gruppo dorso-laterale e queste contribuiscono quasi esclusivamente a formare i cordoni laterali.

Oltre alle cellule nervose forma dunque il tessuto nervoso delle colonne anteriori una grande quantità di neuriti e di dendriti, che almeno in parte provengono dalle cellule predette; questi prolungamenti cellulari producono un fittissimo intreccio, essendo diretti in tutte le direzioni, e nel materiale trattato col nitrato d'argento appaiono come un feltro (fig. 131); in esso sono notevoli molte fibre longitudinali situate nel lato mediale di ogni colonna anteriore e provenienti dalle colonne posteriori. In tale intreccio nervoso si possono distinguere le seguenti specie di neuriti o di loro terminazioni e di dendriti:

a) neuriti radicolari anteriori somatici e viscerali (fig. 129, *b*, *c*), che originano dalle cellule radicolari ed escono dalle colonne anteriori;

b) neuriti commessurali, che originano dalle cellule omonime situate medialmente, attraversano la commessura bianca e vanno nei cordoni anteriori del lato opposto (fig. 129, *a*);

c) neuriti funicolari propriamente detti, distinti in efferenti (che cioè originano nel punto di sostanza grigia che si esamina e vanno nella sostanza bianca: fig. 129, *d*) ed in afferenti (cioè che terminano nel tratto di sostanza grigia esaminato provenendo dalla sostanza bianca: fig. 129, *n*).

d) collaterali delle fibre dei cordoni; fra queste meritano speciale menzione quelle che provengono dalle fibre sensitive dei cordoni posteriori (fig. 129, *l*; fig. 130), perchè tali fibre non sono prodotte da cellule funicolari, ma provengono da divisione a T, simile a quella dei neuriti delle cellule ora menzionate, delle fibre delle radici posteriori (fig. 129, *h*), le quali nascono al di fuori della midolla spinale (nei gangli spinali; fig. 129, *i*) e sono quindi fibre radicolari afferenti (cf. a pg. 121). Le collaterali in questione si spingono fino alle cellule radicolari (fig. 129); così uno stimolo recato alla midolla dalle radici posteriori può venire trasmesso direttamente alle cellule radicolari e determinare in tal guisa una contrazione muscolare (arco riflesso) nei muscoli volontari (striati) o nei muscoli involontari (muscolo cardiaco, muscoli lisci) secondo che viene eccitata una cellula radicolare somatica oppure una cellula radicolare viscerale.

A queste fibre si devono poi aggiungere fibre di origine en-

cefalica (piramidali, vestibolari, ecc). cioè fibre che discendono nella midolla spinale avendo le loro cellule di origine nell'encefalo e terminano nelle colonne anteriori; il loro ufficio precipuo è quello di trasportare alle cellule radicolari stimoli di origine encefalica.

Il tessuto gliale delle colonne anteriori è costituito da cellule gliali brevifraggiolate e da cellule lunghifraggiolate (Kölliker, Lenhossèk, Cajal); le prime prevalgono sulle seconde e si trovano specialmente nei gruppi di cellule radicolari (Cajal).

Colonne laterali e formazione reticolare

Abbiamo già asserito (pg. 173) che queste colonne non si prolungano lungo tutta la midolla, ma sono molto sviluppate solo nella porzione toracica; meno evidenti si incontrano anche nella metà inferiore del rigonfiamento cervicale e tanto in alto che in basso scompaiono dopo essere notevolmente diminuite di volume. La loro struttura è simile a quella della formazione reticolare e per ciò anche di questa ora ci occuperemo.

Le colonne laterali e la formazione reticolare contengono cellule radicolari viscerali, cellule funicolari, cellule proprie della sostanza grigia e cellule di nevroglia. Le cellule nervose formano generalmente un accumulo, attorno a cui si addensa la nevroglia che costituisce una piccola zona di tessuto gelatinoso, simile a quello che circonda il canale centrale.

Le *cellule radicolari viscerali* formano la massima parte delle cellule nervose di questi tratti di sostanza grigia; se vengono considerate in tutta la lunghezza della midolla spinale, costituiscono due gruppi, cioè il gruppo delle colonne laterali ed il gruppo della formazione reticolare. Il primo gruppo si estende ininterrotto dallo VIII nervo cervicale al III nervo lombare (Jacobsen) e gli daremo il nome di *nucleo viscerale laterale superiore* (fig. 131, *a*); esso mostra restringimenti metamerici; raggiunge le maggiori dimensioni tra il III ed il V nervo toracico (fig. 131; fig. 123) e tra lo XI nervo toracico ed il I nervo lombare (fig. 131, fig. 125). Nei tratti, nei quali è più grosso, può venire suddiviso in vari nuclei. Il secondo gruppo (fig. 131, *b*) si trova solo in un breve tratto di midolla spinale, cioè tra le origini dei nervi sacrali II-V; è situato nella formazione reticolata o nell'angolo tra le colonne anteriori e laterali (fig. 127, 128, 131) e

lo denomineremo *nucleo viscerale laterale inferiore*. I neuriti delle cellule dei nuclei suddetti vanno verso le colonne anteriori ed escono insieme a quelli delle cellule radicolari somatiche.

Considerando poi nell'insieme tutti i nuclei radicolari viscerali della midolla, cioè quello che abbiamo descritto in ogni colonna anteriore (cfr. a pg. 209) e quelli della formazione reticolata e delle colonne laterali, vediamo che essi si dispongono nella midolla nel modo che schematicamente viene indicato nella fig. 131.

Le *cellule funicolari* delle colonne laterali e della formazione reticolare inviano i loro neuriti nei cordoni laterali del medesimo lato. Le cellule proprie non decorrono in modo ben determinato.

Tra le cellule nervose ora descritte si trovano molti neuriti, che hanno i seguenti significati:

a) neuriti radicolari viscerali, che originano dalle cellule radicolari omonime e vanno nelle colonne anteriori, come sopra abbiamo asserito:

b) neuriti funicolari, che provengono dalle cellule funicolari delle colonne anteriori, laterali e posteriori e che vanno nei cordoni laterali del medesimo lato, oppure che da questi cordoni penetrano nelle colonne laterali e nella formazione reticolata per terminarvi o per andare alle colonne anteriori o posteriori;

c) collaterali di fibre funicolari dei cordoni laterali che penetrano nelle colonne laterali e si comportano come le fibre omonime;

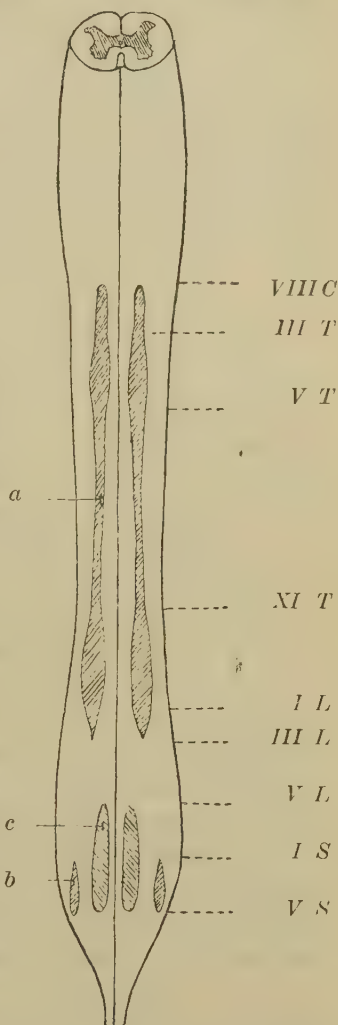


Fig. 131 — I nuclei di cellule radicolari viscerali nella midolla spinale (Schema). — La midolla è raffigurata in tutta la sua estensione e si immagina veduta dalla faccia anteriore. — a, nucleo laterale superiore; b, nucleo laterale inferiore; c, nucleo mediale. — I numeri e le lettere maiuscole indicano i segmenti midollari.

d) collaterali delle radici posteriori che terminano in corrispondenza delle cellule radicolari;

e) neuriti delle cellule proprie.

Oltre a questi neuriti, che sono tutti più o meno trasversali, nelle colonne laterali e tra le maglie della formazione reticolare si trovano anche molte fibre midollate longitudinali; sono fibre funicolari che appartengono al cordone laterale e quindi le descriveremo con questo cordone.

Colonne posteriori

Le colonne posteriori contengono solo due specie di cellule nervose, cioè cellule funicolari e cellule proprie; abbiamo più volte ripetuto che le cellule radicolari sono caratteristiche delle colonne anteriori e laterali. Esamineremo prima come si comportano le cellule delle colonne posteriori, poi quali cellule si trovano nella sostanza gelatinosa del Rolando e nello strato zonale.

Colonne posteriori — Le cellule nervose sono più scarse di quelle delle anteriori e non hanno disposizione così regolare; esse infatti sono sparse in tutte le colonne e non formano che pochi gruppi ben definiti, tra i quali uno è il più noto, quello cioè contenuto nelle *colonne del Clarke*. Questo nucleo che è molto manifesto nella porzione toracica e poco chiaro nel resto della midolla, ha il nome di *nucleo dorsale* (Stillling).

Le cellule funicolari delle colonne posteriori si distinguono in *cellule piccole* ed in *cellule grandi*.

Le *cellule piccole* in generale sono irregolarmente disperse. Nel rigonfiamento lombare se ne trovano in numero abbastanza cospicuo ed hanno una disposizione fissa, essendo situate nel lato mediale delle colonne posteriori vicino alla commessura grigia posteriore; formano le già descritte *cellule mediali* del Waldeyer, (pg. 204) che lo Jacobsohn indica col nome di *tratto cellulare medio-dorsale*. Le loro dimensioni variano da 15 a 75 μ ; sono multipolari ed i dendriti non mostrano direzione regolare, i neuriti volgono per lo più nei cordoni posteriori del medesimo lato e solo pochi si recano nei cordoni laterali. Nel tratto medio ed inferiore della porzione sacrale della midolla si trova un altro gruppo di piccole cellule funicolari il *nucleo sacrale* dello Schilder: è posto nella base delle colonne posteriori, ai lati del canale centrale, e non oltrepassa mai un piano frontale tirato per

la parete anteriore del canale centrale. Talvolta le sue cellule si dividono in due gruppi, uno anteriore e l'altro posteriore. Il significato di questo gruppo di cellule funicolari non è noto, come non lo è quello delle cellule mediali del Waldeyer.

Le *cellule funicolari grandi* costituiscono il nucleo dorsale dello Stilling sopra ricordato e nella porzione lombare della midolla formano un altro nucleo ben circoscritto, situato nel mezzo della base delle colonne posteriori; per ciò il nucleo dorsale viene anche denominato *nucleo magnicellulare basale*. (Jacobsohn) ed il nucleo proprio della porzione lombare chiamasi *nucleo magnicellulare centrale*. Le grandi cellule funicolari meritano questo nome per le dimensioni del loro corpo che variano da 50 a 100 μ ; sono sferoidali (ed anche per questo carattere si distinguono dalle precedenti); a seconda dei nuclei hanno decorso vario i dendriti ed i neuriti e le cellule mostrano speciale struttura.

Il *nucleo dorsale o magnicellulare basale* (fig. 129 g; fig. 132, a) è situato nel lato mediale delle basi delle colonne posteriori nel rigonfiamento cervicale e lombare, e nelle colonne del Clarke lungo la porzione toracica della midolla; manca questo nucleo sopra all'origine del 7° nervo cervicale e sotto a quella del 2° nervo lombare.

A livello del XII nervo toracico, ove il nucleo ha le maggiori dimensioni, il suo diametro è di mm. 0,65; la forma del nucleo considerato nell'insieme è la cilindrica. Non mostra interruzioni per tutta la sua lunghezza. Le sue cellule sono ricche di sostanza cromatica, disposta in grosse masse formanti parecchi strati concentrici attorno al nucleo, che è assai grosso (15 μ); raramente contengono pigmento. I loro dendriti per lo più si distribuiscono nel nucleo stesso (Ziehen, 1899), con molte e fine diramazioni (fig. 133); i dendriti di una cellula circoscrivono spesso



Fig. 132 — Nuclei radicolari e nuclei funicolari della midolla toracica (Schema). -- a, nucleo magnicellulare basale; b, nucleo magnicellulare centrale; c, nucleo magnicellulare pericornuale; d, sostanza gelatinosa del Rolando; e, colonna laterale e nucleo radicolare viscerale laterale superiore; f, g, nuclei di cellule radicolari somatiche.

il corpo di una cellula vicina. I neuriti, che originano sempre dalla faccia anteriore o laterale e mai da quella posteriore del corpo cellulare, volgono da prima in avanti, verso la base della colonna anteriore corrispondente (fig. 129, *g*), poi ad un tratto si piegano ad uncino ed allora volgono lateralmente ed indietro; così attraversando la base della colonna posteriore penetrano nel cordone laterale ove si circondano di mielina e, sempre conservandosi trasversali, lo percorrono fino nella sua parte posteriore e superficiale (fig. 129); qui giunti si dividono a T (alcuni autori ammettono che senza dividersi si ripieghino ad angolo retto volgendo in alto) come fanno tutte le fibre funicolari; il ramo discendente della divisione sembra sia corto e termini pe-

netrando nella colonna posteriore; il ramo ascendente sale fino al cervelletto senza dare collaterali e per ciò forma una delle vie midollo-cerebellari (fig. 129).

Il *nucleo magnicellulare centrale* (fig. 133, *b*), che, come sopra dicemmo, è bene circoscritto nella porzione lombare della midolla, nel resto viene rappresentato da



Fig. 133 — Nucleo magnicellulare basale (*a*) e nucleo magnicellulare centrale (*b*) (nel topo neonato, secondo il Cajal; metodo del Golgi).

scarse cellule situate in mezzo alle piccole cellule funicolari lateralmente al tratto cellulare medio-dorsale. Le cellule del nucleo in questione contengono scarsa sostanza cromatica, disposta irregolarmente. I dendriti si diramano nella base della corrispondente colonna; i neuriti vanno nei cordoni laterali dello stesso lato, di rado in quelli anteriori e dorsali; sembra che qualcuno possa attraversare la commessura bianca anteriore (Golgi) ed andare ai cordoni anteriori del lato opposto.

Le cellule proprie della sostanza grigia sono scarsissime. Quelle con lungo neurite hanno per lo più il neurite trasversalmente diretto.

La nevroglia è abbastanza abbondante nelle colonne poste-

riori; essa si comporta fondamentalmente come nelle colonne anteriori; solo devesi notare che il reticolo gliale è più fitto nel lato mediale delle colonne, cioè nel limite tra esse ed il rispettivo cordone posteriore.

Sostanza gelatinosa del Rolando — È formata da molte piccole cellule nervose, che per lungo tempo vennero credute gliali; le cellule gliali sono invece scarsissime.

Le cellule nervose (scoperte dal Cajal) sono stellate, fusiformi o piriformi, con numerosi piccoli dendriti che le fanno assomigliare a cellule gliali (fig. 134). Costituiscono le cellule più

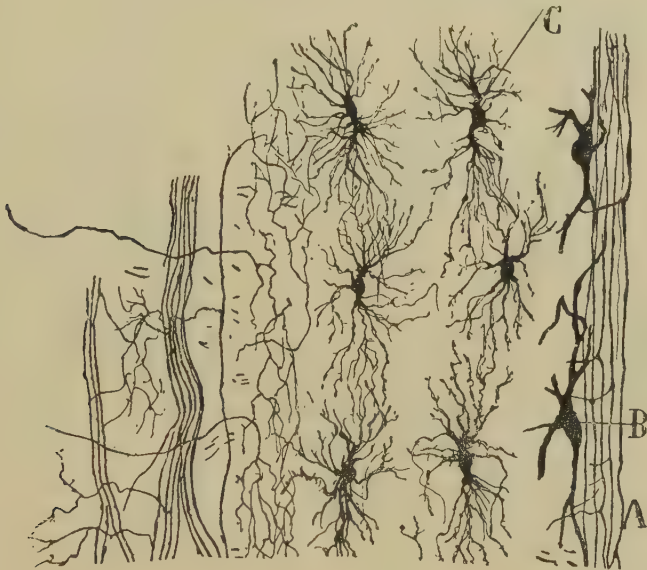


Fig. 134 — Sostanza gelatinosa del Rolando in una sezione sagittale (nel cane neonato, sec. il Cajal; metodo del Golgi). — A, fibre del cordone posteriore; B, cellule superficiali e C, cellule centrali della sostanza gelatinosa.

piccole della midolla, avendo un diametro medio che varia da 6 a 20 μ ; raramente se ne trova qualcuna che ha un diametro di 25 μ . I dendriti si intrecciano formando un plesso molto intricato; nelle sezioni di sostanza gelatinosa colorata col carminio questo plesso prende l'aspetto di una massa granulosa (Cajal); pur distaccandosi da tutta la periferia del corpo cellulare, prevalgono quelli diretti in senso antero-posteriore. Nelle sezioni longitudinali (fig. 134) si vede che le cellule in questione sono dirette in serie verticali (Cajal); si possono distinguere (fig. 134)

cellule superficiali (a contatto con la zona marginale) e *cellule centrali* (Cajal). I loro neuriti sono molto esili ed originano o dal corpo cellulare o da un dendrite; hanno decorso irregolare, emettono alcune collaterali che si distribuiscono nella sostanza gelatinosa e terminano nella sostanza bianca, costituendo la zona del cordone laterale che è a contatto con la colonna posteriore rispettiva; in parte i neuriti terminano dividendosi a T in un ra-

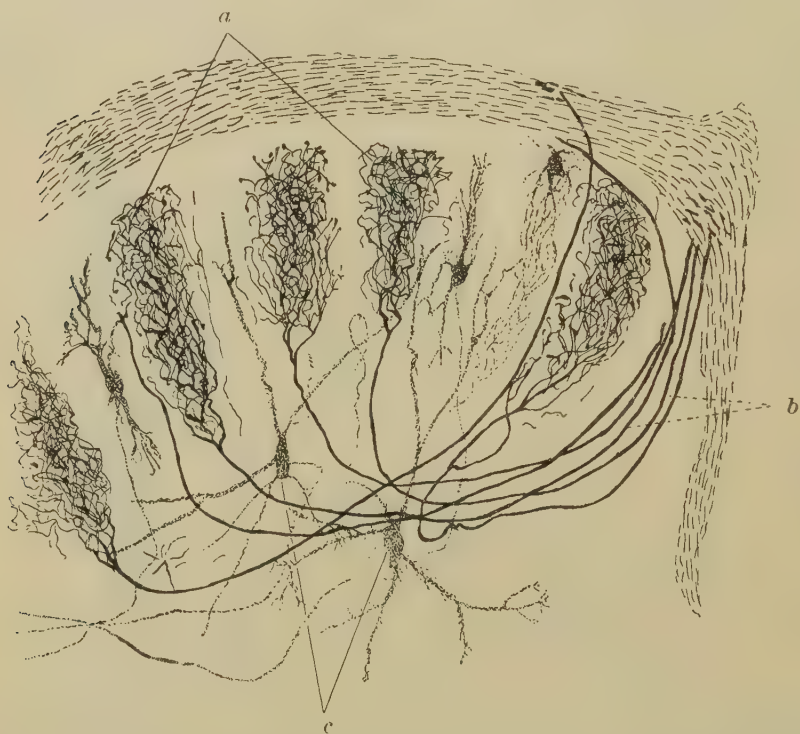


Fig. 135 — Sostanza gelatinosa del Rolando in una sezione trasversale della midolla (nel gatto neonato, sec. il Cajal; metodo del Golgi). — Si vedono le arborizzazioni terminali (*a*) provenienti dalle fibre (*b*) dei cordoni posteriori; *c*, cellule della testa del corno posteriore.

mo ascendente ed in un ramo discendente (il quale finisce per penetrare nella sostanza gelatinosa sottostante), in parte volgono in alto senza ramificarsi.

Tanto i rami ascendenti che i neuriti indivisi salgono più o meno nella midolla, ma la loro terminazione è ancora incerta; pare che almeno in parte penetrino di nuovo nella sostanza gelatinosa o nella colonna posteriore corrispondente; una parte dei

neuriti termina invece nello strato zonale, come meglio vedremo tra poco.

Attraverso alle cellule della sostanza gelatinosa passano le collaterali delle fibre delle radici posteriori, che, come abbiamo veduto (pg. 211), si portano alle cellule radicolari; queste collaterali danno ricchissime diramazioni alla sostanza gelatinosa (fig. 135) e pare che terminino in essa anche fibre delle stesse radici posteriori. Per ciò a questa sostanza giungono o direttamente o indirettamente stimoli sensitivi; le cellule nervose della sostanza gelatinosa ebbero quindi il nome di *nucleo sensitivo proprio della midolla spinale* (Jacobsen, 1908). Questi rapporti ci inducono a riguardare le cellule in questione come cellule funicolari speciali, simili alle *cellule sensitive* che studieremo nel mielencefalo. Scarsissime nella sostanza predetta sono oltre alle cellule anche le fibre gliali (Weigert).

Strato zonale — Lo strato zonale è costituito da sostanza grigia nell'interno della quale decorrono molti neuriti longitudinali, derivanti dalla divisione a T dei neuriti delle cellule della sostanza gelatinosa del Rolando. Questo strato grigio contiene specialmente cellule funicolari simili a quelle delle colonne posteriori e distinguibili in grandi ed in piccole.

Le prime (*cellule marginali* del Lenhossèk, *cellule zonali* dello Ziehen), considerate nel loro insieme, costituiscono un nucleo che lo Jacobsen (1908) chiama *nucleo magnicellulare pericornuale* (fig. 132, c). Sono per lo più allungate, con diametro massimo di 57 μ (Ziehen), con dendriti variamente diretti e terminanti vicino al corpo cellulare e con neurite che va sempre a terminare o nel cordone laterale o nel cordone posteriore del medesimo lato. Sono più numerose nel rigonfiamento lombare.

Le piccole cellule, ordinariamente scarse, non formano accumuli distinti ma si trovano qua e là sparse nello strato zonale. I loro dendriti terminano nello stato predetto, il neurite diventa una fibra dei cordoni laterali.

Il reticolo gliale è abbastanza compatto.

Nelle colonne posteriori, nella sostanza gelatinosa del Rolando e nello strato zonale si trovano adunque in mezzo alle cellule nervose e gliali sopra descritte anche molti neuriti. Riasumiamone la natura:

a) Neuriti provenienti dal nucleo dorsale dello Stilling

(nucleo magnicellulare basale) che attraversano le colonne posteriori per andare ai fasci midollo-cerebellari posteriori (fig. 136, *b*);

b) Neuriti provenienti dalle cellule funicolari che attraversando le colonne posteriori, la sostanza gelatinosa o lo strato zonale vanno nei cordoni laterali, posteriori od anteriori (fig. 136, *c*);

c) Neuriti che rappresentano terminazioni di fibre dei cor-

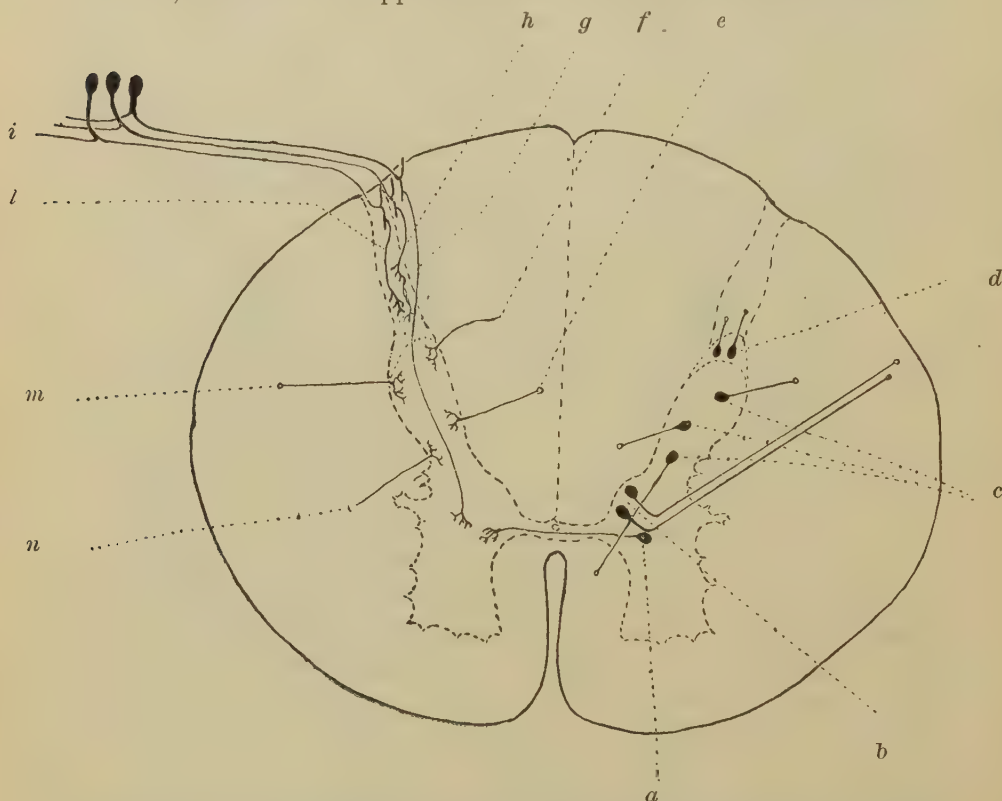


Fig. 136 — Cellule nervose e fibre dei corni posteriori (Schema). — *a*, cellule mediali del Waldeyer; *b*, nucleo magnicellulare dorsale; *c*, cellule funicolari; *d*, cellule della sostanza gelatinosa del Rolando; *e*, collaterali dei cordoni posteriori; *f*, terminazioni di fibre dei cordoni posteriori; *g*, collaterali delle radici posteriori dirette al corno anteriore ed *h*, alla sostanza gelatinosa del Rolando ed *l*, al corno posteriore; *i*, ganglio spinale; *m*, collaterali di fibre dei cordoni laterali; *n*, terminazioni di fibre dei cordoni laterali.

dotti suddetti, i quali penetrano nel corno posteriore e vi terminano (fig. 136, *f*);

d) Neuriti delle cellule proprie della sostanza gelatinosa del Rolando, i quali vanno nel cordone laterale o nello strato zonale (fig. 136, *d*);

e) Collaterali che provengono dalle fibre indicate in *b*), *c*) e *d*), che penetrano nelle colonne posteriori e vi si distribuiscono; tra queste meritano speciale menzione le collaterali che provengono da quelle fibre dei cordoni posteriori che derivano dalle radici posteriori dei nervi, poichè esse decorrono nel lato mediale della rispettiva colonna posteriore (fig. 130), penetrano poi nel suo interno dietro alle colonne del Clarke, e vanno a terminare o alla sostanza gelatinosa del Rolando (fig. 135) o attraverso alla colonna posteriore si spingono fino nella colonna anteriore del medesimo lato per distribuirsi attorno alle cellule radicolari viscerali e somatiche, per lo più a quelle dei gruppi laterali (fig. 136, *g*). Queste collaterali permettono l'arco riflesso diretto e furono da noi già ricordate a proposito delle colonne anteriori (cfr. a pg. 211). Sembra che alcune di queste collaterali attraverso alla commessura bianca anteriore possano recarsi alle colonne anteriori del lato opposto;

f) Neuriti che dalle cellule mediali del Waldeyer (cfr. a pg. 204 e 214) vanno alle commessure intracentrali (fig. 136, *a*);

g) Neuriti che rappresentano le terminazioni di alcune fibre delle radici posteriori le quali o direttamente o dopo essersi divise a T nella zona marginale del Lissauer penetrano direttamente nelle colonne posteriori (fig. 136, *l*).

Ed ora che così abbiamo finito lo studio della minuta struttura della sostanza grigia interna della midolla spinale, se noi consideriamo come si dispongono in essa le cellule nervose motrici e sensitive riguardo alla distribuzione dei loro neuriti, osserviamo (fig. 137 *B*) che le cellule radicolari somatiche (*a*) si trovano generalmente nella parte anteriore delle colonne anteriori, le cellule radicolari viscerali (*b*) nelle basi di tali colonne e che le cellule (*c*) alle quali vengono a terminare le fibre (sensitive) delle radici posteriori si trovano nelle colonne posteriori e precipuamente nella sostanza gelatinosa del Rolando.

Se confrontiamo questa partizione con quella che si ha nei cranioti inferiori, ad es. nei selaci (Sterzi, 1909) nei quali anche i nuclei sensitivi sono distinti in un nucleo somatico, formato dalle teste delle colonne dorsali (fig. 137, *c''*) ed in un nucleo viscerale, situato nelle basi di queste colonne (*c'*), osserviamo che nell'uomo manca solo la divisione del centro recettore o sensitivo in somatico ed in viscerale, come la si trova nei cranioti

inferiori. È però probabile che col progredire delle nostre cognizioni intorno al significato funzionale dei vari gruppi cellulari della midolla spinale si arrivi a stabilire una tale distinzione anche nell'uomo.

Ad ogni modo nella sistemazione della sostanza grigia interna della midolla spinale troviamo riprodotta quasi completamente quella che abbiamo affermato essere la sistemazione fondamentale della sostanza grigia interna del sistema nervoso centrale (cfr. pg. 119).

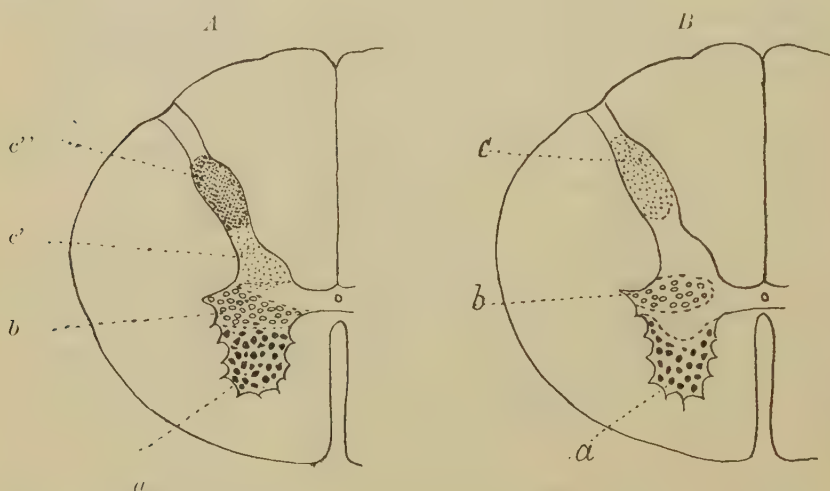


Fig. 137. — Distribuzione delle cellule nervose nella midolla spinale di un pesce (A) e dell'uomo (B) (Schematica). — *a*, cellule radicolari somatiche; *b*, cellule radicolari viscerali; *c*, cellule proprie del corno posteriore; *c'*, cellule sensitive viscerali; *c''*, cellule sensitive somatiche.

II - Struttura della sostanza bianca

La sostanza bianca, come già dicemmo nelle generalità, è costituita, da fibre midollate, tra le quali si insinua un fine reticolo di nevroglia; in prossimità della sostanza grigia può contenere anche qualche cellula nervosa.

Le *fibre nervose* hanno la struttura generale delle fibre del sistema nervoso centrale (cfr. a pg. 46). Il loro calibro è molto vario; accanto a fibre che hanno appena un diametro di 8 μ . se ne trovano di quelle molto grosse che hanno cioè un diametro di 25 μ . La forma è la cilindrica; però quando alcune fibre grosse siano vicine, si possono determinare compressioni nei punti di

contatto ed allora le fibre appaiono poliedriche; anche queste se isolate a fresco prendono la forma cilindrica, il quale fatto prova che sono dotate di una certa elasticità. I cilindrassi variano rispetto al calibro come le fibre; ve ne sono di piccoli (diametro di 2 μ) e di grandi (diametro di 7,5 μ). La guaina mielinica è più sottile nelle fibre piccole che nelle grandi; la sua struttura non presenta particolarità degne di nota.

Fra le fibre midollate decorrono neuriti non circondati da mielina; il loro tragitto può essere più o meno breve, ma in generale è molto corto e per lo più si tratta di neuriti che poi si circondano di mielina, trasformandosi così in cilindrassi.

Le fibre nervose per la massima parte sono longitudinali e parallele tra loro ed all'asse della midolla; ve ne sono però anche di trasversali o di oblique (e queste appartengono alla categoria delle radicolari o delle commessurali o delle funicolari).

Le *cellule nervose* sono molto scarse tra le fibre della sostanza bianca e di solito si trovano entro ai prolungamenti che vedemmo dipartirsi dalla periferia della sostanza grigia interna; questo fatto ci induce per ciò a ritenere che siano cellule aberranti della sostanza grigia interna. È naturale che più di frequente si osservino attorno alla formazione reticolata, perchè questa contiene già cellule nervose nei setti grigi che la costituiscono; nei cordoni anteriori se ne trovano per lo più solo in corrispondenza dell'apice del cono midollare, nei grossi setti grigi che qui congiungono le colonne anteriori allo strato grigio corticale.

Il *reticolo gliale* si connette perifericamente allo strato grigio corticale e internamente alla sostanza grigia interna. Dai setti, che si dipartono da queste zone grigie, se ne staccano di minori, i quali a loro volta si risolvono in setti di terzo ordine e così finisce per costituirsi un fine intreccio che circonda le singole fibre della sostanza bianca. I preparati col metodo del Weigert, ponendo solo in evidenza le fibre della nevroglia, fanno apparire discontinuo il reticolo gliale; quelli invece fatti con le colorazioni ordinarie del citoplasma dimostrano tale reticolo continuo in tutta la sostanza bianca (cfr. a p. 82). Qua e là nel reticolo suddetto si osservano cellule gliali coi loro nuclei; dalla loro periferia irradiano le fibre, le quali penetrano più o meno profondamente nel reticolo citoplasmatico gliale.

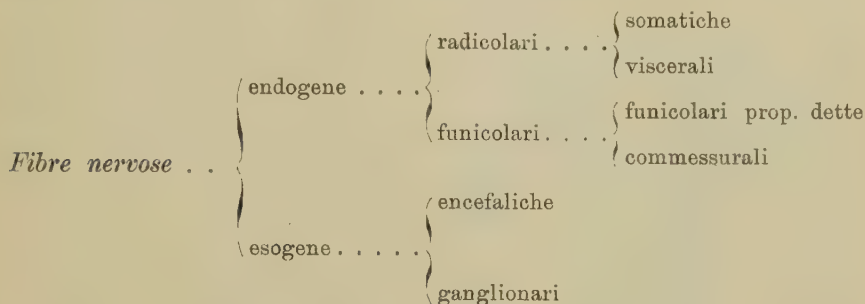
Il corpo delle cellule gliali è compresso dalle fibre nervose; per ciò presenta superficie scanellate; il massimo diametro che ho os-

servato in queste cellule nelle sezioni trasversali della midolla è di 60 μ ; i nuclei per lo più sono sferoidali ed i più grossi misurano 13 μ di diametro. I vasi sanguiferi, che attraversano la sostanza bianca costituendovi speciali reti capillari che a suo tempo studieremo, sono sempre circondati da una guaina gliale, nella quale il metodo del Weigert pone in evidenza un fitto intreccio di fibre; abbiamo già osservato come questa disposizione sia comune a tutto il sistema nervoso centrale (cfr. pg. 73).

La sostanza bianca della midolla non ha la medesima densità in tutta la sua estensione: in alcuni tratti le fibre sono meno stipate che in altri, oppure i cilindrassi sono più piccoli o la mielina è meno abbondante. In base a questi caratteri si possono distinguere delle *aree di sostanza bianca*, le quali mostrano una certa regolarità nella forma, nella situazione e nelle dimensioni (Perusini); queste aree normali dimostrano una sistematizzazione anatomica della sostanza bianca (*tettonica della sostanza bianca*: Perusini) che sembra corrispondere al significato funzionale delle fibre che la formano.

Abbiamo già veduto (pg. 179) che la sostanza bianca in ogni metà della midolla costituisce tre cordoni distinti in anteriore, laterale e posteriore. Ora dobbiamo indagare quale è l'origine ed il significato delle fibre dei singoli cordoni. Lo studio di tali argomenti, fatto col sussidio dei metodi esposti a pg. 133, ha dimostrato che nella sostanza bianca della midolla si devono distinguere due specie di fibre, cioè *fibre esogene* e *fibre endogene* (cfr. a pg. 121). Siccome noi consideriamo la midolla spinale come una parte distinta del sistema nervoso centrale (separazione questa che già dicemmo essere puramente artificiale: pg. 115), dovremo distinguere le fibre esogene in *encefaliche* e *ganglionari*; le prime sono quelle che originano da cellule situate nell'encefalo, le seconde invece sono quelle che provengono dalle cellule dei gangli spinali e che penetrano nella midolla per mezzo delle radici posteriori dei nervi. Le fibre endogene si distinguono con i medesimi nomi delle cellule dalle quali derivano e quindi sono: *a) fibre radicolari*, divise in somatiche e viscerali, che provengono dalle cellule omonime e vanno a formare le radici anteriori dei nervi recandosi nella muscolatura striata o liscia; *b) fibre funicolari propriamente dette*, che provengono dalle cellule omonime e che vanno a formare i cordoni, stabilendo connessioni tra zone di sostanza grigia di una stessa metà della midolla situate a

vario livello o tra la midolla e l'encefalo; c) *fibre commessurali* che originando dalle cellule omonime, stabiliscono rapporti tra la sostanza grigia delle due metà della midolla. Potremo dunque concludere che i cordoni anteriori, laterali e posteriori sono formati da



Tutte queste varie specie di fibre non sono irregolarmente mescolate tra loro nella midolla spinale, ma si trovano riunite a gruppi con la legge che *le fibre le quali provengono da cellule della medesima specie e che hanno uguale terminazione, decorrono le une accanto alle altre e costituiscono così un aggruppamento che si chiama fascio nervoso*. Per spiegarci con qualche esempio, le fibre esogene ganglionari decorrono tutte nei cordoni posteriori, formando un fascio che chiamasi fascio sensitivo ascendente, le fibre funicolari che derivano dai nuclei magnocellulari basali vanno tutte al cervelletto e formano il fascio midollo-cerebellare posteriore, ecc.

I cordoni della midolla spinale sono adunque formati da *fasci nervosi* (1). Tra i vari fasci non vi sono limiti netti, ma mentre nella parte centrale di ogni fascio prevalgono le fibre che lo caratterizzano, nella parte periferica queste sono mescolate con quelle dei fasci vicini. Quindi, *quando noi nelle figure indicheremo con dei contorni precisi i territori dei singoli fasci, intendiamo che questi contorni abbiano solo un significato relativo*.

Considerando il fatto in linea molto generale, si osserva che le fibre, le quali percorrono un più lungo cammino nella sostanza bianca, tendono a situarsi all'esterno delle fibre che compiono un decorso più breve; per ciò vicino allo strato grigio corticale si trovano a preferenza le fibre lunghe e vicino alla sostanza grigia

(1) Nella moderna nomenclatura impropriamente detti *tratti* (tractus).

interna le fibre corte. Il Flatau ha indicato questo fatto con la denominazione di *legge della posizione eccentrica delle vie lunghe nella midolla spinale*.

L'anatomia comparata della midolla spinale ha fatto fare enormi progressi alle nostre conoscenze sul significato dei singoli fasci e ci ha portati alla conclusione che si devono distinguere *fasci semplici* da *fasci misti*; col primo nome intendiamo i fasci che contengono una sola specie di fibre nervose, col secondo nome quelli che contengono fibre di varia specie. *I fasci della midolla spinale umana sono misti*. Le fibre dei singoli fasci si indicano con nomi che ne determinano il decorso (cortico-midollari, cerebello-midollari, midollo-cerebellari, ecc.).

Si chiamano *vie nervose* quei fasci che servono a stabilire determinate connessioni (connessioni cortico-midollari, cerebello-midollari, ecc.). Spesso in ogni metà della midolla si trova un solo fascio che ha questo significato ed in tal caso *fascio* è sinonimo di *via*. Talvolta però in ogni metà della midolla si trovano parecchi fasci che servono a stabilire una determinata connessione, cioè che formano una determinata *via* (così ad es. la via cortico-midollare è costituita da due fasci, dal fascio cortico-midollare diretto e dal fascio cortico-midollare incrociato).

Esaminiamo prima i fasci esogeni e poi i fasci endogeni; da ultimo, come riassunto di tale studio, esamineremo la posizione complessiva dei fasci in ogni singolo cordone.

A. - Fasci esogeni di origine encefalica

L'encefalo, che fino a non molti anni or sono si riteneva collegato alla midolla spinale per mezzo di una sola via discendente, è invece riunito ad essa per mezzo di molteplici vie; furono specialmente le indagini comparative nella serie dei vertebrati che ci condussero a questo importante risultato.

Le cinque porzioni fondamentali che costituiscono l'encefalo, cioè il telencefalo, il diencefalo, il mesencefalo, il metencefalo ed il mielencefalo, sono tutte congiunte separatamente alla midolla per mezzo di altrettanti sistemi di fibre discendenti, che indicheremo coi nomi di *via telencefalo-midollare*, *via diencefalo-midollare*, *via mesencefalo midollare*, *via metencefalo-midollare*, *via bulbo-midollare*. Esaminiamo separatamente ciascuna di queste vie.

a) - Via telencefalo-midollare

Questa via è costituita da un sistema di fibre che congiungono la corteccia cerebrale alla sostanza grigia della midolla spinale; per conseguenza esse sono chiamate *fibre cortico-midollari*. Il nome, col quale sono note più comunemente, è però quello di *fibre piramidali* (1). I fasci costituiti da tali fibre si chiamano per ciò *fasci cortico-midollari* o *fasci piramidali*.

Le fibre cortico-midollari, dopo aver attraversato nel senso della sua lunghezza l'asse encefalico, arrivano nel mielencefalo riunite in due grossi fasci, uno destro e l'altro sinistro, i quali contengono rispettivamente le fibre derivanti dalla metà destra e dalla metà sinistra della corteccia cerebrale. Prima di passare dall'encefalo nella midolla spinale le fibre si incrociano parzialmente, cioè una parte di esse passa dalla metà destra alla metà sinistra del mielencefalo, mentre una parte seguita invece il suo primitivo cammino (fig. 138); le fibre incrociate e le fibre non incrociate o dirette in ogni metà laterale del mielencefalo si raccolgono in

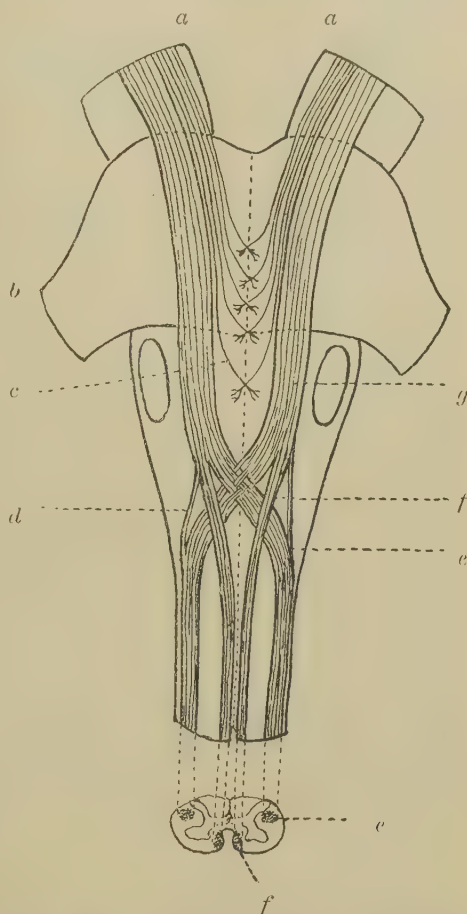


Fig. 138 — Incrocciamento delle piramidi (Schema). — a, a, peduncoli cerebrali; b, ponte; c, fibre cortico-bulbari; d, porzione non incrociata del fascio cortico-midollare incrociato e; f, fascio cortico-midollare diretto; g, fascio cortico-midollare prima dell'incrocciamento.

(1) L'aggettivo *piramidale* è dovuto al fatto che le vie cortico-midollari sporgono dalla superficie anteriore del mielencefalo in guisa di due grossi cor-

due fasci distinti, uno dei quali chiamasi *fascio cortico-midollare diretto*, l'altro *fascio cortico-midollare incrociato*.

Come meglio vedremo studiando il mielencefalo, l'incrocio-mento delle vie cortico-midollari è abbastanza complesso (fig. 138), cosicchè il fascio piramidale incrociato contiene anche fibre dirette.

Il parziale incrocioamento delle fibre cortico-midollari avviene immediatamente al di sopra del limite superiore della midolla spinale e per ciò in questa le fibre sono già disposte nei quattro fasci (due per ogni metà laterale) sopra accennati; abbiamo a suo tempo veduto come « l'incrocioamento delle piramidi » possa essere utilizzato per determinare il limite tra la midolla e l'en-cefalo (cfr. pg. 141).

Secondo il Flechsig i fasci cortico-midollari nel rigonfia-mento cervicale contengono circa 100.000 fibre; la superficie com-plexiva della loro sezione trasversa è di mm². 4.25 - 4.70. Il nu-mero delle fibre diminuisce a misura che i fasci predetti discen-dono nella midolla; per ciò anche la superficie della sezione di-minuisce ed il Flechsig nel neonato la ha calcolata così:

all'altezza del III	n. cervicale	22.6 %	della superf. tot.	della sost. bianca
» » IV - VII	» »	19.0 %	id.	id.
» » III	» toracico	20.3 %	id.	id.
» » IV - VII	» »	22.8 %	id.	id.
» » XII	» »	15.5 %	id.	id.
» » IV - V	» lombare	8.3 %	id.	id.

Circa nel 60 % dei casi i fasci cortico-midollari omonimi hanno dimensioni uguali a destra ed a sinistra; nel 40 % pre-sentano notevoli differenze, che dipendono dall'abnorme incrocia-mento delle loro fibre nel mielencefalo; per ciò le studieremo con questo segmento encefalico.

doni bianchi che dal Willis (1664) ebbero il nome di *corpi piramidali*: « Porro super his observare est, quod circa imam medullae oblongatae basin, ex an-nulo maiore duae velut chordae medullares prodeunt, quae a reliquo medul-lari trunco distinctae, versus medullam spinalem recta pergunt, ac in processu suo sensim angustiores factae, *pyramidum* instar, post unciae circiter spa-tium, in cuspides acutas desinunt... Haec corpora *pyramidalia*, quamdiu ea-dem *pia mater* investit, et vasorum plexibus obducit, non ita manifesto appa-rent. » (De Cerebri Anatome, Cap. III).

Le fibre cortico-midollari impropriamente sono chiamate *cortico-spinali* (cfr. a pg. 138).

I fasci cortico-midollari contengono fibre di calibro molto vario; accanto a fibre che hanno un diametro di 6 μ se ne trovano di quelle che arrivano solo ad un diametro di 2 μ ; la diversità del calibro dipende specialmente dal fatto che tra le fibre cortico-midollari decorrono per qualche tratto anche le loro *collaterali*, che sono naturalmente più sottili. Le fibre cortico-midollari per la massima parte sono longitudinali; se ne osservano però anche di oblique e di trasversali e queste sono le collaterali o le fibre stesse che terminano penetrando nella sostanza grigia interna.

La terminazione delle vie cortico-midollari è poco nota; si ritiene dai più che esse vadano nelle colonne anteriori e laterali e terminino in corrispondenza delle arborizzazioni dendritiche delle cellule radicolari, trasportando così dalla corteccia cerebrale lo stimolo alle cellule motrici somatiche e viscerali; la fisiologia spiega così la possibilità dei movimenti volontari. Bisogna però subito far notare che questa terminazione si ammette più per ipotesi che per osservazioni dirette. Parecchi autori (Bumke, Collier, Buzzard) asseriscono che le fibre cortico-midollari terminano invece nella base delle colonne posteriori, specialmente tra le cellule del nucleo magnicellulare basale. Con certezza le fibre in questione furono solo vedute penetrare nella sostanza grigia e furono seguite fino nel territorio tra le basi delle colonne; la loro terminazione ulteriore è sconosciuta. Come le fibre terminano anche le loro collaterali; di guisa che lo stimolo trasmesso dalla corteccia cerebrale alla midolla per mezzo di una fibra piramidale non agisce su un punto solo della midolla, cioè alla terminazione della fibra, ma su molti punti situati a varia altezza lungo la midolla, cioè anche alle terminazioni di tutte le collaterali della fibra stessa.

Molti fatti patologici (distruzione della corteccia cerebrale nel territorio di origine del fascio cortico-midollare, interruzioni nel decorso del fascio determinate da lesioni di varia natura, ecc.) dimostrano che la via cortico-midollare ha funzione motrice, trasporta cioè gli stimoli dalla corteccia cerebrale alle cellule radicolari (non sappiamo se tale trasporto avvenga direttamente oppure con la interposizione di altre cellule e di altre fibre tra le fibre cortico-midollari e le radicolari). Però le moderne indagini hanno anche assodato che le fibre cortico-midollari non costituiscono la sola via che congiunge la corteccia cerebrale alle cellule

radicolari; infatti la sezione completa delle vie cortico-midollari nel mielencefalo, constatata anche da ricerche microscopiche, fatta nel cane (Starlinger) e nelle scimmie (Rothmann), non si accompagna a disturbi notevoli nei movimenti volontari.

Il *fascio cortico-midollare diretto* ⁽¹⁾ è situato nel cordone anteriore, immediatamente ai lati della fessura midollare (fig. 139-140);

Fig. 139

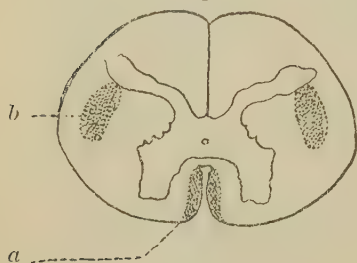


Fig. 140

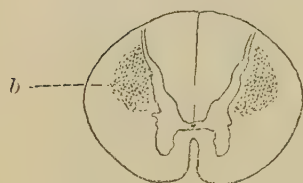
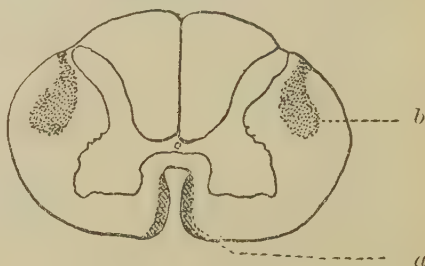


Fig. 141

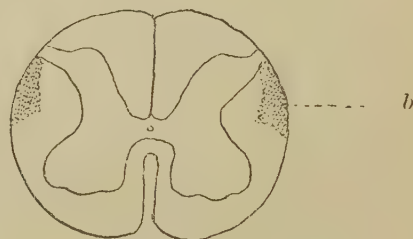


Fig. 142

Fig. 139-142 — Forme e situazioni dei fasci cortico-midollari diretti ed incrociati durante il loro decorso nella midolla (sezioni trasversali della midolla spinale di un uomo di 29 anni con degenerazione delle vie cortico-midollari). — Fig. 139, sezione nel segmento cervicale II; fig. 140, sezione nel segmento cervicale V; fig. 141, sezione nel segmento toracico VII; fig. 142, sezione nel segmento lombare III. — *a, a*, fascio cortico-midollare diretto; *b, b*, fascio cortico-midollare incrociato.

ha dimensioni diverse nei vari individui ma di solito è appena $\frac{1}{5}$ del volume del fascio cortico-midollare incrociato. Si assottiglia a misura che discende (cfr. la fig. 138 con la fig. 140) e termina circa alla metà della porzione toracica della midolla; raramente arriva più in basso (2), più spesso invece termina nel rigonfia-

(1) Sinonimia: *Fascio del Türk*.

(2) In un caso fu veduto arrivare fino al cono terminale (Dejerine e Thomas, 1896).

mento cervicale. Il solco intermedio anteriore ne indica il limite laterale e spesso ne indica anche l'intero decorso.

Il fascio cortico-midollare diretto è un fascio misto; in prevalenza lo formano fibre cortico-midollari, ma insieme ad esse si trovano molte altre fibre esogene di origine encefalica che tra poco esamineremo. La terminazione delle sue fibre è bilaterale, cioè alcune con le loro collaterali si distribuiscono alla sostanza grigia motrice omolaterale ed altre fibre e collaterali attraverso alla commessura bianca anteriore vanno a distribuirsi alla sostanza grigia del lato opposto. Per conseguenza l'impulso che parte da una metà della corteccia cerebrale per mezzo del fascio cortico-midollare diretto si trasmette contemporaneamente alle due metà laterali della midolla; la fisiologia sperimentale e la patologia confermano questa asserzione.

Il *fascio cortico-midollare incrociato* è situato nella parte posteriore del cordone laterale, avendo una posizione che è diversa nelle varie porzioni della midolla; al principio del rigonfiamento cervicale si trova in pieno cordone laterale (fig. 139, *b*) davanti alla testa delle colonne posteriori, separato dal collo e dalla base di tali colonne per mezzo di un fascio che ha il nome di strato limitante, e diviso dalla superficie esterna della midolla per mezzo del fascio midollo-cerebellare posteriore; alla metà del rigonfiamento cervicale (fig. 140) conserva la posizione suddetta ma, essendo meno rivolte in fuori le teste delle colonne posteriori, giunge fino alla superficie della midolla, dietro al fascio midollo-cerebellare posteriore; alla metà della porzione toracica (fig. 141) per la scomparsa dello strato limitante è in rapporto diretto con la superficie laterale delle colonne; infine nel rigonfiamento lombare (fig. 142), nel mentre torna ad essere separato dalle colonne posteriori per l'interposizione di uno strato bianco, decorre invece di nuovo alla superficie della midolla, essendo qui scomparso il fascio midollo-cerebellare posteriore che lo copriva lateralmente nella porzione toracica. Quindi potremo concludere che il fascio cortico-midollare incrociato in parte decorre entro al cordone laterale ed in parte si trova alla superficie di questo cordone: ne tocca la superficie in due tratti, cioè nella metà inferiore del rigonfiamento cervicale e nel rigonfiamento lombare, ed in entrambi questi tratti è posto subito davanti alla linea paraventricolare esterna posteriore. Il fascio cortico-midollare incrociato giunge fino al III-IV nervo sacrale e si assottiglia gradata-

mente a misura che discende. La sua sezione trasversale è ellittica col diametro maggiore diretto dall'innanzi all'indietro nel rigonfiamento cervicale e nella porzione toracica (fig. 139-141), ha la forma di un triangolo isoscele con la base in avanti nel rigonfiamento lombare (fig. 142). Anche il fascio cortico-midollare incrociato è misto come il diretto, contenendo altre fibre esogene di origine encefalica. Le fibre del fascio si distaccano ad una ad una da esso, volgono medialmente e penetrano nella base della colonna posteriore omolaterale; così fanno pure le collaterali. Riguardo al loro modo di terminare nulla si sa per osservazione anatomica; le indagini di fisiologia e di patologia inducono però a ritenere che le fibre incrociate terminino come le dirette, cioè si pongano in relazione con le cellule radicolari. Sembra accertato che nel cane in parte vadano alla sostanza grigia del medesimo lato ed in parte, attraverso alle commessure intracentrali (specialmente attraverso alla posteriore) vadano anche alla sostanza grigia del lato opposto; nell'uomo questo nuovo incrociamento delle fibre cortico-midollari incrociate non è stato però verificato, sebbene alcuni fatti patologici lo facciano supporre (diminuzione della forza muscolare nella metà sana del corpo e specialmente negli arti inferiori degli emiplegici).

b) - Via diencefalo-midollare

La via diencefalo-midollare è costituita dalle *fibre talamo-midollari*. Io mi limito solo a menzionare queste fibre che nascerrebbero dal talamo ottico, grosso nucleo diencefalico dove convergono terminazioni delle fibre ottiche, e discenderebbero nella midolla spinale (fig. 143) sparse nel cordone anteriore all'esterno del fascio cortico-midollare diretto ed anche sparse nel cordone laterale accanto al fascio rubro-midollare (Wallenberg). Intorno ad esse si hanno notizie molto incerte; il loro numero dovrebbe essere scarsissimo. Le fibre talamo-midollari vengono ammesse nell'uomo solo in base ai risultati delle ricerche anatomo-comparative; nei selaci tali fibre sono molto manifeste (Sterzi, 1909) e si vedono congiungere il suddetto nucleo della visione con le cellule motrici somatiche della midolla spinale. Nei vertebrati superiori e nell'uomo non sono però mai state descritte in modo accurato.

Il Betcherew ed il Sakowitsch asseriscono che dai ta-

lami ottici discendono nella midolla spinale anche fibre contenute nel tratto laterale dell'area del fascio cortico-midollare incrociato (fig. 143); nel loro insieme esse formano il *fascio triangolare prepiramidale* (Thomas) o *fascio intermedio-laterale* (Löwenthal). Però intorno a questo fascio regna la più grande oscurità; non ne conosciamo infatti la origine, perchè la suddetta opinione del Betcherew e del Sakowitsch viene contraddetta dalle

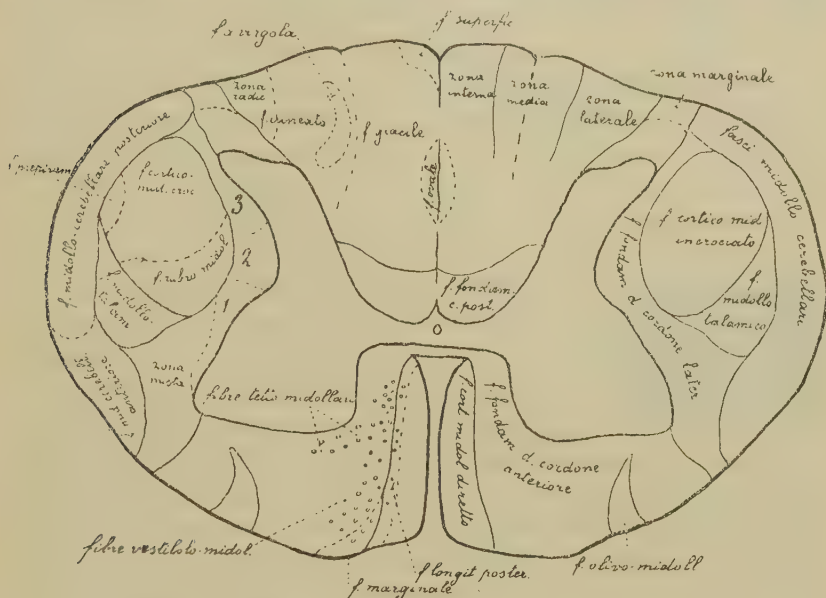


Fig. 143 — Situazione dei fasci della midolla spinale (Schema). — 1 β , zona limitante distinta nel fascicolo del nucleo interno (1), nel fascicolo del corno posteriore (2) e nel fascicolo del cordone laterale (3).

ricerche di altri autori (per il Marchi il fascio origina nel cervello, per il Boyce nei tubercoli quadrigemelli anteriori del mesencefalo, per il Munzer nella midolla spinale, per il Thomas nel metencefalo); non ne conosciamo neppure la terminazione. In qualche libro il fascio in questione viene confuso col fascio rubro-midollare.

c) ~ Via mesencefalo~midollare

Viene costituita da fibre che provengono dal mesencefalo ed a seconda dei loro nuclei di origine si distinguono nel *fascio rubro-midollare*, nel *fascicolo longitudinale posteriore* e nel *fascio tetto-midollare*.

1) *Fascio rubro-midollare* — Questo fascio (1) origina dal *nucleo rosso* del mesencefalo e termina nella midolla spinale (fig. 144) dopo essersi incrociato nell'encefalo. È interessante il notare che le fibre rubro-midollari sono più sviluppate in quei mammiferi nei quali è piccola la via cortico-midollare (2); il significato delle due vie è simile, ossia anche la via rubro-midollare pone in relazione la corteccia cerebrale con la midolla, perchè la corteccia è in relazione diretta col nucleo rosso, dal quale la via in questione trae la sua origine. Per ciò la via rubro-midollare viene indicata come *via motrice secondaria* per distinguerla dalla via cortico-midollare, che chiamasi *via motrice principale*. L'esperimento (interruzione della via cortico-midollare) dimostra infatti che si possono conservare integri i movimenti volontari anche per la sola presenza della via rubro-midollare.

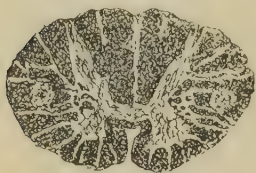


Fig. 144 — Fascio rubro-midollare degenerato (midolla spinale umana; sezione trasversa a livello del VI segmento cervicale).

Il fascio rubro-midollare è situato nel cordone laterale della midolla (fig. 143, 144), nella stessa area del fascio cortico-midollare incrociato e nella parte anteriore di essa. Le sue fibre sono mescolate con le cortico-midollari, ma prevalgono su queste nel segmento anteriore del fascio cortico-midollare incrociato. L'area da esse occupata nel rigonfiamento cervicale è rappresentata dal terzo anteriore del fascio cortico-midollare. Il fascio rubro-midollare

si estende in tutta la midolla spinale, fino al 3° nervo sacrale; siccome le sue fibre terminano a misura che il fascio discende, il loro numero diminuisce e quindi il fascio diventa sempre più piccolo; nel rigonfiamento lombare occupa lo spigolo anterolaterale del fascio cortico-midollare incrociato. La terminazione delle fibre rubro-midollari è sconosciuta; si ritiene probabile che

(1) Sinouïmia: *Fascicolo prepiramidale* (da non confondersi col fascio triangolare prepiramidale ricordato sopra), *Fascio rubro-spinale*, *Fascio del Monakow*. Il Monakow lo indicò come *fascicolo aberrante del cordone laterale* (*aberrierendes Seitenstrangsbündel*).

(2) Nei cranioinferiori (ciclostomi, pesci) è molto sviluppato nei cordoni laterali un fascio che ha il nome di *fascicolo longitudinale laterale* (Sterzi, 1909); esso contiene fibre esogene encefaliche di varia specie, tra le quali anche fibre mesencefaliche; probabilmente queste corrispondono in parte alle rubro-midollari dell'uomo.

esse vadano nelle colonne anteriori e laterali del medesimo lato.

2) *Fascicolo longitudinale posteriore* ⁽¹⁾ — È una delle prime vie che compare nel sistema nervoso centrale ed è molto più distinto nei cranioti inferiori che nei superiori; nei selaci ad es. se ne vede chiarissimo il decorso e se ne può seguire anche lo sviluppo (Sterzi, 1909, 1912). Il fascicolo longitudinale origina da un nucleo proprio che trovasi nel mesencefalo (*nucleo del fascicolo longitudinale posteriore*) e che è in connessione con nuclei ottici (Probst, Lewandowsky, Van Gehuchten); a misura che discende, a queste si aggiungono altre fibre provenienti da origini diverse, comportandosi così in modo simile a quello che fu osservato nei cranioti inferiori (Sterzi, 1909). Per ciò si devono distinguere varie specie di fibre nel fascicolo, cioè *fibre proprie* di origine mesencefalica e fibre aggiuntesi a queste nel metencefalo e nel mielencefalo. L'insieme di tutte queste fibre discende nel cordone anteriore della midolla spinale, essendo situato nell'area del fascio cortico-midollare diretto, nella parte laterale di tale fascio (fig. 143). Nella porzione midollare, le fibre del fascicolo nell'uomo non formano un fascio compatto ma sono sempre sparse irregolarmente tra le cortico-midollari.

Non è noto come terminino le fibre proprie nell'uomo; nei cranioti inferiori si distribuiscono attorno alle cellule radicolari (Sterzi nei selaci, Van Gehuchten nella trota); probabilmente nell'uomo hanno la medesima terminazione.

3) *Fibre tetto-midollari* ⁽²⁾ — Rappresentano nell'uomo vie che sono molto più sviluppate nei cranioti inferiori. Dalla volta mesencefalica, che nei vertebrati inferiori costituisce una larga e spessa cupola avente il nome di *tetto ottico* perchè vi convergono numerose le fibre ottiche (cfr. Sterzi, 1907, 1909), originano molte fibre discendenti che, dopo aver attraversato i segmenti inferiori dell'encefalo, penetrano nella midolla spinale. Nei mammiferi e nell'uomo il tetto ottico si è differenziato in quattro tubercoli che hanno il nome di *corpi quadrigemelli* ed è specialmente

(1) Sinonimia: *Fascicolo longitudinale dorsale*, *Fascicolo longitudinale mediale*.

(2) L'Edinger (1911) accenna anche a vie *tegmento-spinali*, che considera come appartenenti al fascicolo longitudinale posteriore; esse proverrebbero dalla porzione tegmentale della base mesencefalica (cfr. al cap. VIII); la loro presenza è però molto incerta.

agli anteriori che si dirigono le fibre ottiche; le fibre tetto-midollari si dipartono per ciò esclusivamente da questa porzione della volta mesencefalica.

Le vie tetto-midollari nei cranioti inferiori si distinguono in dirette ed in crociate; le prime decorrono nei cordoni ventrali, le seconde in quelli laterali (Sterzi, 1909); per analogia si ammette che altrettanto facciano quelle dell'uomo e l'Edinger (1911) localizza le dirette nella parte anteriore del cordone anteriore (fig. 143).

Le vie tetto-midollari sono probabilmente in connessione con le cellule radicolari somatiche della midolla; a questa connessione ci fa infatti pensare il vedere che si hanno movimenti del corpo, e specialmente degli arti, coordinati con le impressioni visive (movimenti per la presa di un oggetto, per la deambulazione verso un oggetto, ecc).

d) ~ Via metencefalo-midollare

Le fibre metencefalo-midollari esistono certamente perchè le lesioni del ponte e del verme cerebellare producono degenerazione di fibre che discendono nella midolla spinale. L'origine di tali fibre è però ancora incerta, non essendo stabilito se provengano dal ponte, dal lobo vermiano del cervelletto o da entrambi questi organi.

Le fibre pontine furono scoperte dal Van Gehuchten e si chiamano *fibre reticolo-midollari*. Originano dai nuclei grigi propri che sono sparsi nella parte tegmentale del ponte del Varolio (il quale è parte del metencefalo), e dopo essersi parzialmente incrociate nel bulbo, discendono nel cordone laterale della midolla spinale, essendo contenute nell'area del fascio cortico-midollare incrociato. Si ritiene che terminino in corrispondenza delle cellule radicolari e che servano a porre in relazione la corteccia del cervelletto con la sostanza grigia motrice della midolla con l'interposizione dei nuclei propri della porzione basilare del ponte.

È dubbio se esistano nell'uomo *fibre cerebello-midollari*, provenienti cioè direttamente dal cervelletto; quegli autori che le ammettono (e l'ammissione si basa sulla presenza di tali fibre nei cranioti inferiori), le descrivono come poste tra le fibre precedenti. La emiscerebellazione nelle scimmie (Marchi) e l'asportazione del verme cerebellare nei cani (Polvani, Pellizzi) de-

terminano degenerazioni discendenti nell'area delle fibre reticolo-midollari e nell'area del cordone anteriore; è dubbio se essa sia dovuta a fibre dirette cerebello-midollari od a fibre reticolo-midollari degenerate in seguito alla lesione cerebellare.

e ~ Via bulbo-midollare

È costituita da due sistemi di fibre. Anzitutto la formano le *fibre vestibolo-midollari*, che provengono dai nuclei terminali del nervo vestibolare, cioè del nervo che si distribuisce all'organo dell'equilibrio (nervo statico). Questi nuclei si trovano in parte anche nel ponte del Varolio e per ciò le fibre predette parzialmente derivano dalla base metencefalica.

Le fibre vestibolo-midollari furono dimostrate oltre che nei cranioti inferiori (Sterzi), anche in altri vertebrati e perfino nei mammiferi (Monakow, Bruce, Probst). Discendono nei cordoni ventrali della midolla spinale, contenute nell'area del fascio cortico-midollare diretto, mescolate con le fibre del fascicolo longitudinale posteriore che contribuiscono a formare (cfr. pg. 235). Lungo il loro decorso emettono collaterali che come le fibre stesse terminano nella zona motrice della sostanza grigia; la loro importanza funzionale è molto grande, perchè per tale via l'innervazione della muscolatura del tronco è posta sotto l'influsso diretto degli organi dell'equilibrio.

Il Van Gehuchten in base alle degenerazioni sperimentalmente prodotte nei mammiferi asserisce poi che dalle cellule sparse nella formazione reticolare del mielencefalo originano fibre le quali si dirigono in basso e si mescolano con le fibre proprie e con le fibre metencefaliche che sopra descrivemmo nel fascicolo longitudinale posteriore. Queste fibre, che si possono dunque chiamare *fibre mielencefaliche* del fascicolo longitudinale posteriore, ebbero dal Van Gehuchten il nome di *fibre reticolo-midollari* (1). La loro terminazione è sconosciuta.

Dalle precedenti descrizioni risulta adunque che lateralmente al fascio cortico-midollare diretto (fig. 143) si trova una zona nella quale decorrono molte e diverse fibre esogene di origine encefalica, cioè fibre tetto-midollari, fibre del fascicolo longitudinale

(1) Il Van Gehuchten le chiama *reticolo-spinali*, ma noi sostituiamo all'aggettivo *spinale* l'aggettivo *midollare* per le ragioni esposte a pg. 138.

posteriore, fibre vestibolo-midollari, fibre reticolo-midollari anteriori e forse anche fibre cerebello-midollari. Alcuni autori considerano a torto questo complesso di fibre come un fascio distinto e lo chiamano *fascicolo antero-laterale* (o *fascio marginale anteriore* o *fascio cerebello-spinale discendente*).

Un'altra via di origine mielencefalica è il *fascio olivo-midollare* (del Helweg) (1). Viene costituito da fibre che originano in un particolare nucleo di sostanza grigia che studieremo nel mielencefalo col nome di *oliva bulbare* che è in connessione con la corteccia cerebrale e cerebellare. Il fascio discende nella midolla spinale, essendo situato nella zona più laterale del cordone anteriore, lateralmente al fascio cortico-midollare diretto e presso alla superficie anteriore del cordone (fig. 143); spesso è invece posto nella parte più anteriore del cordone laterale, essendo situato dietro alla linea pararadicolare antero-laterale. Nelle sezioni trasversali di regola è triangolare; talora appare falciforme con la concavità volta lateralmente. Si trova solo nel rigonfiamento cervicale; di rado giunge fino alla estremità inferiore di esso. Termina assottigliandosi gradatamente; talvolta viene coperto dalle fibre del fascio midollo-cerebellare anteriore e termina allora in pieno cordone laterale. La distribuzione delle fibre di questo fascio ci è sconosciuta.

Il fascio olivo-midollare si osserva facilmente nelle sezioni trasversali perchè le sue fibre contengono poca mielina e quindi sono meno intensamente colorabili coi metodi che pongono in evidenza questa sostanza (metodo del Weigert, del Pal, ecc.); mostra grandi variazioni individuali nelle dimensioni.

B - Fasci esogeni di origine ganglionare

I fasci in questione sono costituiti da fibre che originano al di fuori della midolla spinale nei gangli situati lungo il decorso delle radici posteriori dei nervi e che penetrano nella midolla per mezzo delle radici ora ricordate (cfr. a pg. 225). Riguardo al loro significato queste fibre sono di due specie (fig. 145) e cioè i loro cilindrassi o vengono formati dai neuriti di una cellula ganglionare munita di un solo neurite (e) oppure sono costituiti dal

(1) Sinonimia: *Fascicolo olivare* (Bechterew), *via triangolare* (Dreikantenbahn) del Helweg, *tractus olivo-spinalis* (Obersteiner).

ramo centrale di una cellula con un prolungamento a T (*b*); ammettono alcuni (Dogiel, Babes, Kremnitzner, ecc.) che le radici posteriori possano anche venire costituite da cilindrassi endogeni (*a*), cioè che hanno la loro cellula di origine entro alla midolla spinale, ma per l'uomo queste fibre sono puramente teoriche.

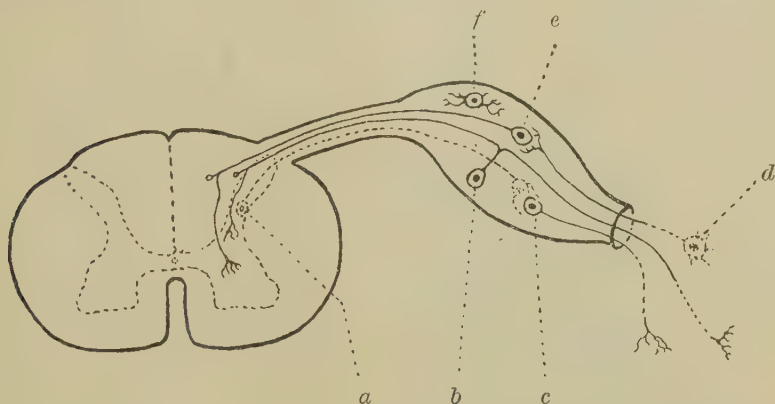


Fig. 145 — Fibre delle radici posteriori (sezione trasversale schematica della midolla e di un ganglio spinale). — *a*, cellula con fibra radicolare efferente (dubbia); *b*, cellula a T; *c*, cellula con solo neurite periferico; *d*, cellula del simpatico; *e*, cellula con solo neurite centrale; *f*, cellula intermedia.

Il numero delle fibre che dai gangli spinali penetrano nella midolla spinale dell'uomo, è grandissimo; lo Stilling (1859), calcolando l'area di sezione di tutte le radici posteriori ed il numero medio di fibre nervose contenute in un millimetro quadrato, asserì che il numero complessivo di tali fibre supera il mezzo milione (esattamente 525,838). L'Ingbert (1903) ebbe la pazienza di contare direttamente sotto il microscopio le fibre di tutte le radici posteriori di una metà del corpo ed ha trovato una cifra circa doppia di quella ottenuta dallo Stilling; infatti secondo l'Ingbert il numero complessivo per le due metà del corpo sarebbe di circa 1 milione ed un quarto (esattamente 1307254).

Riunite in molteplici *radicole* (cfr. a pg. 160) le fibre penetrano nella midolla subito medialmente all'ispessimento gliale dello strato corticale che trovasi in corrispondenza della zona marginale (cfr. pg. 166) e si recano in questa zona e nel cordone posteriore corrispondente (Rolando, 1824). Asseriscono molti autori che, subito dopo il loro ingresso nella midolla, le fibre delle radicole prendono due diverse direzioni, cioè alcune volgono lateral-

mente verso la zona marginale e le colonne posteriori, ed altre vanno medialmente verso la parte interna dei cordoni posteriori; ma il Waldeyer (1889) giustamente ritiene per artificiale una siffatta distinzione.

Subito dopo la loro penetrazione le fibre si dividono a T in una fibra ascendente ed in una fibra discendente; tutti i metodi di ricerca pongono in evidenza in modo concorde un tale comportamento (fig. 146). L'angolo che formano i rami dividendosi è di 120° - 160° (fig. 146) e la divisione delle fibre radicolari si

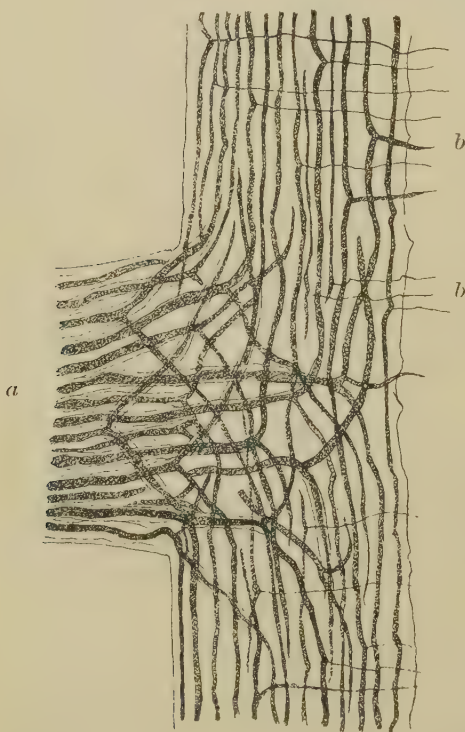


Fig. 146 — Divisione a T delle fibre delle radici posteriori (dall' Edinger, sec. il Cajal). — a, radice; b, b, collaterali.

piegano ad angolo retto e penetrano nella sostanza grigia della midolla stessa, ove terminano con arborizzazioni nel modo che or ora esamineremo.

I *rami discendenti* hanno un percorso ordinariamente piuttosto breve (di rado sono lunghi più di 3 cm.) e terminano sempre penetrando nella sostanza grigia interna della midolla.

trova nel tratto dorso-laterale del cordone posteriore, in prossimità della zona marginale (cfr. fig. 143); tale area del cordone posteriore chiamata *zona radicolare*. Talvolta le fibre delle radici posteriori penetrano indivise fino nella testa del corno posteriore e solo allora si dividono nei loro rami; però è questa una disposizione che s'incontra di rado.

I *rami ascendenti* decorrono paralleli gli uni agli altri e formano i cordoni posteriori della midolla; possono venire divisi in *lunghi*, *medi* e *corti* secondo la estensione del tragitto; i primi percorrono tutta la midolla spinale nel senso della lunghezza e giungono nel mielencefalo ove terminano; i secondi invece dopo vario decorso si ri-

Tanto dall'uno che dall'altro ramo di ogni fibra radicolare posteriore si dipartono *collaterali* (fig. 146); i rami in corrispondenza delle loro origini presentano di solito un piccolo angolo volto verso la collaterale, come se questa li stirasse verso la sostanza grigia (fig. 146).

Uno stimolo sensitivo, che venga trasportato alla midolla spinale per mezzo di una fibra radicolare posteriore, oltre che trasmettersi fino all'encefalo (la qual cosa avviene se il ramo ascendente di tale fibra è *lungo*), si trasmette anche a parecchi segmenti della sostanza grigia midollare, situati sia sopra sia sotto alla penetrazione della fibra radicolare, per mezzo delle collaterali dei suoi rami e per mezzo della terminazione del ramo ascendente. Se il ramo ascendente della fibra è medio od è corto, allora lo stimolo si spande solo lungo la midolla, senza arrivare all'encefalo.

Veduti così questi caratteri fondamentali intorno alle fibre radicolari posteriori, esaminiamo ora come si comportano i loro rami ascendenti, i loro rami discendenti e le loro collaterali.

a - Rami ascendenti

I rami ascendenti a misura che salgono in alto, si spostano medialmente, allontanandosi così a poco a poco dalla colonna posteriore ed avvicinandosi al setto posteriore (fig. 147). Questo particolare cammino fu dimostrato sperimentalmente in molti mammiferi e venne osservato anche nell'uomo in seguito a lesioni isolate di una o di poche radici posteriori. Scelgo tra le numerose osservazioni fatte nell'uomo, il caso illustrato dallo Schaffer (1899), nel quale trattavasi di una lesione isolata del 5.º segmento lombare (fig. 148-153); le fibre degenerate in seguito alla lesione dapprima occupano un'area in immediata prossimità della zona radicolare

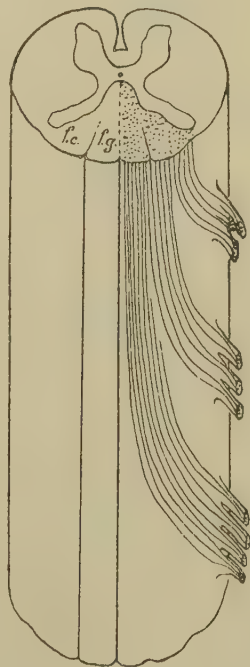


Fig. 147 — Disposizione dei rami ascendenti delle radici posteriori nella midolla spinale. La midolla si immagina veduta dalla faccia posteriore ed è indicato il decorso delle fibre di tre radici successive. — *fc*, *fg*, fascio gracile e fascio cuneato.

del rispettivo cordone posteriore (fig. 148), poi a livello del 3° segmento lombare della midolla sono già poste nel mezzo del cordone posteriore (fig. 149), e gradatamente spostandosi verso il setto posteriore (figg. 150-151) sono finalmente in prossimità di tale setto a livello dello VIII segmento toracico della midolla (fig. 152-153).

Si può dunque ritenere che i rami ascendenti di una radice nervosa (*a*) rimangono vicini allo strato zonale ed alla zona marginale della corrispondente colonna posteriore fino a livello della



Fig. 148-153 — Degenerazione dei rami ascendenti della V radice posteriore (caso illustrato dello Schaffer).

- Fig. 148 — Sezione trasversale nella parte inferiore del V segmento lombare.
 Fig. 149 — » » » » superiore del V segmento lombare.
 Fig. 150 — » » » nel III segmento lombare.
 Fig. 151 — » » » nel II segmento lombare.
 Fig. 152 — » » » nel XII segmento toracico.
 Fig. 153 — » » » nel VII segmento toracico.

penetrazione nella midolla della radice superiore successiva (*b*); in corrispondenza ed al di sopra di questo punto, i rami ascendenti della prima radice (*a*) si spostano medialmente ed anche un po' anteriormente (cfr. le figg. 148-149), in maniera da trovarsi a livello della testa del corno posteriore; in corrispondenza della penetrazione nella midolla delle fibre radicolari di una nuova ra-

dice (c) immediatamente superiore alle due precedenti (a e b), i rami ascendenti della prima radice (a) si spostano un po' più medialmente nel cordone posteriore, e rimangono in rapporto con la colonna omonima solo per un piccolo tratto anteriore; a livello della penetrazione di una nuova radice (d), le fibre ascendenti della prima radice (a) si trovano nel mezzo del cordone posteriore, occupando un'area stretta e ricurva con la concavità laterale (fig. 150); e così, da questa posizione si portano a poco a poco sempre più verso la linea mediana a misura che salgono in alto (figg. 151-153). Siccome tutti i rami ascendenti dei cordoni posteriori si comportano in questa guisa, potremo distinguere in ogni cordone tre zone, una laterale, una media ed una interna (fig. 143); la prima contiene i rami delle due prime radici sottostanti, la seconda zona quelli della terza e quarta radice sottostanti, la terza zona quelli della quinta e delle altre radici inferiori a questa. Naturalmente questa divisione in zone ha solo un valore approssimativo.

Ma noi sappiamo che i rami ascendenti delle radici posteriori si dividono in corti, in medi ed in lunghi; i rami corti ed i medi terminano penetrando nella sostanza grigia dopo un certo percorso e solo i rami lunghi si prolungano per tutta la midolla; per ciò i cordoni posteriori hanno una sezione trasversa di gran lunga inferiore alla somma di quelle di tutte le radici posteriori ed hanno anche in qualunque sezione un numero di fibre di gran lunga inferiore a quello delle radici posteriori inferiori al piano della sezione. Or bene, nella zona laterale del cordone posteriore si trovano tutte le tre specie di rami e vi terminano i rami corti; nella zona media si trovano quindi solo i rami medi ed i rami lunghi e si esauriscono i rami medi; nella zona mediale si trovano infine solo i rami lunghi.

I rami corti si spostano verso la zona marginale oppure penetrano nella rispettiva colonna posteriore dalla sua faccia mediale; essi terminano distribuendosi con arborizzazioni in corrispondenza delle cellule dello strato zonale, tra le cellule della sostanza del Rolando e tra le cellule della testa del corno posteriore. I rami medi vanno a terminare tra le cellule del nucleo magnicellulare basale (colonna del Clarke); sembra accertato che i rami medi delle radici sacrali e lombari, in corrispondenza delle quali non si trovano le colonne del Clarke, siano così lunghi da raggiungere l'estremità inferiori di tali colonne che, come sap-

piamo, trovansi a livello e sopra al II nervo lombare. I rami lunghi, come abbiamo già detto, salgono nell'encefalo.

Nell'esaminare la morfologia dei cordoni posteriori (pg. 182) abbiamo asserito che i solchi intermedi posteriori ed i setti gliali omonimi dividono ogni cordone posteriore in due fasci, uno laterale o *fascio cuneato* (del Burdach) e l'altro mediale o *fascio gracile* (del Goll). Ora che conosciamo il comportamento dei rami ascendenti delle radici posteriori possiamo affermare che *questa divisione del cordone posteriore è assolutamente priva di valore*; infatti le fibre lunghe che formano il fascio cuneato in un segmento di midolla, diventano fibre del fascio gracile in una porzione superiore. Lo studio della mielinizzazione dei due fasci fatto dal Flechsig aveva condotto invece ad ammettere una netta separazione tra essi, perchè il fascio cuneato mielinizza in embrioni umani lunghi 25 cm. ed il fascio gracile in embrioni di 28-30 cm. Più che la divisione in due fasci, ha base anatomica solida la divisione dei cordoni posteriori nelle tre zone che sopra abbiamo esposto.

L'unico valore che ha la distinzione in fascio gracile ed in fascio cuneato sta in questo fatto, che nei segmenti superiori della midolla il fascio gracile contiene rami ascendenti lunghi provenienti da radici inferiori ed il fascio cuneato contiene anche rami ascendenti medi e corti provenienti da radici superiori. Del resto vedremo come ai rami ascendenti si aggiungano rami discendenti e fibre endogene a rendere molto complessa la struttura del cordone posteriore.

A misura che salgono in alto i rami lunghi si mescolano così siffattamente che non è più possibile distinguere quelli di una da quelli di un'altra radice; e sezionando una sola radice le fibre degenerate si vedono per ciò irregolarmente sparse tra le normali.

b - Rami discendenti

I rami discendenti delle fibre radicolari si mescolano con fibre funicolari, provenienti dalle cellule omonime delle colonne posteriori, e costituiscono così dei fasci misti; essi non decorrono dispersi senza ordine in mezzo ai rami ascendenti, ma si raccolgono invece in aree determinate dei cordoni posteriori.

Questa disposizione è stata dimostrata nei mammiferi per mezzo della sezione di gruppi di radici posteriori oppure di le-

sioni in radici posteriori isolate e nell'uomo in seguito a lesioni accidentali od a lesioni patologiche.

Abbiamo sopra asserito (pg. 240) che essi terminano ripiegandosi ad angolo e penetrando nelle colonne posteriori; non è però noto in corrispondenza di quali gruppi di cellule vadano a distribuirsi.

Le indagini concordano nell'ammettere che i rami discendenti vadano a costituire insieme a fibre funicolari il *fascio ovale* (del Flechsig), il *fascio a virgola* (dello Schultze) ed il *fascio superficiale* (del Hoche).

1) Il *fascio ovale* merita veramente il nome di *fascio semiovale*, perchè ogni fascio ha per l'appunto la sezione trasversa di questa forma; i fasci dei due lati si trovano subito all'esterno del setto posteriore gliale e si guardano per mezzo delle loro faccie piane (fig. 143), cosicchè nel loro insieme circoscrivono un'area di forma ellittica (*campo ovale del Flechsig*). Il fascio ovale è specialmente manifesto nella metà inferiore della porzione toracica della midolla e nella porzione lombare, sino circa al 3° nervo lombare; raramente si spinge sopra all'origine del IV n. toracico. Come abbiamo or ora accennato, il fascio ovale è situato subito lateralmente al setto gliale che dalla commessura grigia posteriore va al fondo del solco mediano posteriore ed occupa circa il terzo medio di tale setto; per conseguenza in senso sagittale non arriva nè alla commessura suddetta ne alla superficie della midolla (fig. 143).

Nella metà inferiore della porzione lombare ed in tutta la porzione sacrale della midolla il fascio ovale si continua con un fascio che per la forma della sua sezione trasversale indicheremo come *fascio triangolare* (1). È situato ai lati del setto gliale suddetto, ma è meno vicino ad esso ed è più superficiale del fascio ovale.

2. Il *fascio a virgola* è situato in pieno cordone posteriore, tra la zona laterale e la zona media (fig. 143) e nelle sezioni trasversali si mostra come una virgola con la grossa estremità volta anteriormente e con la concavità volta lateralmente (disposta quindi come la sostanza grigia interna della midolla: cfr. a pg. 167). Il fascio non è riconoscibile in tutta la lunghezza della

(1) Sinonimia: *Nastro mediale* (*bandelette médiale*: Gombault e Philippe), *fascio sacrale dorso-mediale* (*dorso-medialis Sakralbündel*: Obersteiner), *tratto cervico-lombare dorsale* (Edinger), *fasciculus longit. septi* (Marburg).

midolla, ma è bene manifesto solo nel rigonfiamento cervicale e nella parte superiore della porzione toracica (fino allo VIII nervo: Ziehen); per conseguenza nella metà della midolla toracica si trova contemporaneamente al fascio ovale.

Nel rigonfiamento lombare in luogo del fascio suddetto nella posizione che esso occupa nel resto della midolla si osservano poche fibre sparse tra i rami ascendenti delle fibre radicolari; esse evidentemente formano la continuazione del fascio a virgola e per la loro presenza alcuni autori affermano che il fascio predetto è lungo quanto la midolla.

3. Il *fascio superficiale* è molto piccolo e situato subito ai lati del solco mediano posteriore (fig. 143); è più manifesto nel rigonfiamento cervicale, ma in seguito a lesioni della midolla fatte in tale rigonfiamento si sono viste fibre degenerate fino al 1° nervo lombare (Hoche) ed anche più in basso (fino al 3° nervo lombare: Goldstein); naturalmente queste fibre così lunghe non sono rami discendenti delle radici posteriori, ma fibre funicolari lunghe dei cordoni posteriori. I rami discendenti sono piuttosto scarsi; ciò spiega perchè alcuni autori (Van Gehuchten, 1906) considerino il fascio come formato da sole fibre funicolari e quindi come endogeno.

c) - Collaterali

Le collaterali che provengono dal ramo ascendente e dal ramo discendente di ogni fibra radicolare posteriore penetrano nella colonna posteriore del medesimo lato per la massima parte attraverso alla zona radicolare del cordone stesso; alcune però seguono la zona marginale e sono quelle che vanno a distribuirsi alle cellule nervose dello strato zonale (fig. 154).

Le collaterali a seconda della loro terminazione si possono distinguere in *collaterali per la colonna posteriore* ed in *collaterali per la colonna anteriore*.

Le prime si comportano come terminazioni dei rami ascendenti medi e corti e come quelle dei rami discendenti, cioè si distribuiscono o nello strato zonale, o nella sostanza gelatinosa del Rolando o nella testa della colonna posteriore; non furono osservate sicure collaterali per le colonne del Clarke (1), cosicchè

(1) Le descrive il Gemelli (1913), ma la sua descrizione fa invece credere che si tratti di terminazioni di rami ascendenti medi.

per ora queste vengono innervate dai soli rami ascendenti medi delle radici posteriori (cfr. a pg. 243). Come meglio vedremo studiando le vie endogene della midolla, dalle teste delle colonne posteriori si dipartono fibre che salgono fino all'encefalo (fibre midollo-talamiche), le quali possono trasportare quindi ai centri encefalici gli stimoli sensitivi trasmessi alle cellule delle colonne dalle predette collaterali oltre che dalle terminazioni dei rami ascendenti medi e corti e dai rami discendenti delle fibre radicolari. Così gli stimoli sensitivi possono raggiungere l'encefalo

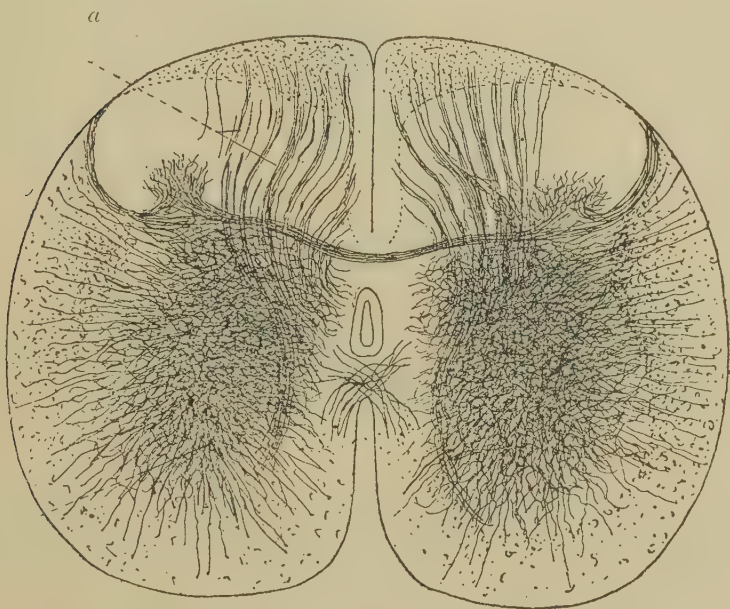


Fig. 154 — Collaterali (a) delle fibre delle radici posteriori (nel gatto di due giorni, sec. il Van Gehuchten).

per due vie, cioè per una *via primaria* costituita dai rami lunghi delle fibre radicolari, e per una *via secondaria* cioè per mezzo delle collaterali e delle fibre midollo-talamiche.

Le collaterali per le colonne anteriori vennero già ricordate nelle pagine precedenti (pg. 211). Esse penetrano nelle colonne posteriori dal loro lato mediale facendo una curva a convessità mediale; poche attraversano la sostanza gelatinosa del Rolando o passano tra il nucleo magnicellulare basale (fig. 154). Per lo più riunite in fascetti e con decorso quasi rettilineo volgono al-

lora verso la rispettiva colonna anteriore (fig. 155) e terminano ramificandosi tra le cellule radicolari somatiche e viscerali; ogni collaterale non termina attorno ad una sola cellula, ma tra parecchie cellule. È dubbio se alcune collaterali vadano a distribuirsi alla colonna anteriore del lato opposto passando per la commessura bianca anteriore (Mingazzini) o per la commes-

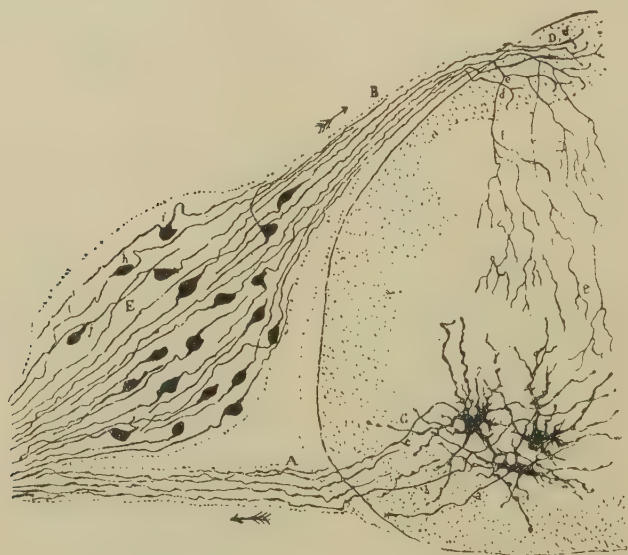


Fig. 155 — Rapporti tra neuroni sensitivi (*E*) e motori (*C*) nella midolla spinale (emisezione trasversale in un embrione di pollo di 9 giorni, sec. il Cajal). — *A*, radice anteriore; *B*, radice posteriore; *e*, neuriti sensitivi che si pongono in rapporto coi dendriti motori.

sura intracentrale posteriore (Ziehen). Le collaterali per le colonne anteriori hanno anche il nome di *collaterali riflesse*, poichè permettono che uno stimolo sensitivo dalle fibre delle radici posteriori si trasmetta *direttamente* alle cellule radicolari e quindi alle radici anteriori, determinando una contrazione muscolare indipendentemente dalla volontà (arco riflesso); la possibilità dei riflessi tendinei è basata su tale connessione.

C ~ Fasci endogeni

Abbiamo già asserito (pg. 225) che le fibre endogene della midolla si distinguono in *radicolari* ed in *funicolari*. Le prime non si raccolgono in fasci longitudinali, ma dalle cellule radicolari

si recano trasversalmente verso la striscia radicolare anteriore del medesimo lato, incrociando le fibre dei cordoni anteriori, per costituire le radici anteriori dei nervi; di queste fibre ci occuperemo in modo speciale quando studieremo l'origine dei nervi spinali. Ora invece esaminiamo il comportamento delle fibre endogene funicolari.

Le fibre funicolari, delle quali già conosciamo l'origine ed il decorso (cfr. a pg. 197 e segg.), si possono distinguere in *corte*, *medie* e *lunghe*, come i rami ascendenti delle fibre radicolari posteriori; le prime pongono in relazione segmenti vicini di midolla, le seconde segmenti lontani e le ultime pongono in relazione la midolla con l'encefalo. Incominciamo ad esaminare queste ultime, che indicheremo col nome di *vie midollo-encefaliche*, e poi studieremo insieme le vie medie e le vie corte col nome di *vie intramidollari*.

I - Vie midollo-encefaliche

Le vie midollo-encefaliche si possono distinguere in *vie midollo-diencefaliche*, *midollo-mesencefaliche*, *midollo-metencefaliche* e *midollo-mielencefaliche*, secondo che congiungono la midolla spinale al diencefalo, al mesencefalo, al metencefalo ed al mielencefalo. Non esiste, come vedesi, una via midollo-telencefalica diretta; ne esistono invece varie di indirette, perchè, come meglio vedremo nel seguito del nostro studio, dove terminano parecchie delle vie sopra elencate, ne originano altre che vanno alla corteccia telencefalica.

a - Via midollo-diencefalica

Questa via è costituita da fibre che originano dalle cellule delle colonne posteriori e che terminano nel talamo ottico; per ciò esse meritano il nome di *fibre midollo-talamiche*. Furono osservate per la prima volta dall'Edinger nel 1889 negli anfibî e poi dall'Edinger stesso e da molti altri autori nei mammiferi e nell'uomo; nei pesci si mostrano distintissime (Sterzi 1909). Sono conosciute col nome di « spino-talamiche », denominazione impropria per le ragioni già esposte (cfr. pg. 138).

Le fibre midollo-talamiche originano specialmente dal nucleo magnicellulare centrale e dalle cellule commessurali situate nelle

basi delle colonne posteriori; attraversano quindi la commessura bianca anteriore (probabilmente anche le commessure intracentrali) e si recano nel cordone laterale della metà opposta a quella nella quale si trovano le loro cellule di origine. Nei pesci si comportano come le ordinarie fibre funicolari, dividendosi a T in un ramo discendente ed in un ramo ascendente (Sterzi, 1909); è probabile che altrettanto facciano negli altri cranioti. Nell'uomo (Horsley e Thiele, Goldstein) costituiscono un fascio che è situato in pieno cordone laterale, tra il fascio midollo-cerebellare anteriore ed il fascio fondamentale del cordone laterale, subito al davanti del fascio rubro-midollare (fig. 143). Non si tratta di un fascio compatto, ma di fibre mescolate con fibre funicolari.

L'Edinger nei mammiferi ha osservato anche fibre midollo-talamiche che invece di salire per i cordoni laterali, penetrano nei cordoni anteriori, nell'area del fascio cortico-midollare diretto; può darsi che esse esistano anche nell'uomo e nel caso dovrebbero trovarsi nel rigonfiamento cervicale, perchè è in questo tratto che le presentano il coniglio (Wallenberg), il gatto (Probst) ed il cane (Rothmann).

Abbiamo già veduto (pg. 247) la grande importanza che hanno le fibre midollo-talamiche, costituendo una delle vie sensitive secondarie.

b ~ Via midollo-mesencefalica

È una via puramente teorica, rappresentata da fibre che dipartendosi dalla midolla andrebbero alla volta mesencefalica o tetto ottico; per ciò meritano il nome di *fibre midollo-tettali* (fibre spino-tettali degli Aa.). Nei cranioti inferiori queste fibre si vedono chiaramente (Sterzi, 1909); furono anche descritte nei rettili ed in alcuni mammiferi, ma per ora in queste classi ne abbiamo notizie molto incerte. Nei mammiferi le degenerazioni sperimentali hanno dimostrato che dalle colonne posteriori (o direttamente dalle fibre delle radici posteriori) provengono fibre le quali si incrociano nella commessura posteriore e vanno nei cordoni laterali del lato opposto; è possibile che in parte costituiscano vie midollo-tettali (Löwenthal). Qualche autore (Feist-Wollheim) nega che tali vie esistano nell'uomo.

Come le precedenti, nei pesci le fibre midollo-tettali originano

dalle cellule delle colonne posteriori e quindi trasportano stimoli sensitivi al centro ottico.

Riguardo alla posizione che dovrebbero occupare, ci limiteremo ad accennare che forse devono venire ricercate nei cordoni anteriori e nei cordoni laterali come le midollo-talamiche (Edinger, Löwenthal).

c - Vie midollo-metencefaliche

Le vie midollo-metencefaliche vengono formate da fasci, noti da gran tempo, i quali vanno a terminare nel cervelletto; per ciò meritano il nome di *fasci midollo-cerebellari* (fasci spino-cerebellari degli Aa.) e vengono distinti in ogni metà laterale della midolla in un *fascio midollo-cerebellare posteriore* (1) (del Flechsig) ed in un *fascio midollo-cerebellare anteriore* (del Gowers).

1. Fascio midollo-cerebellare posteriore — È costituito dai neuriti delle cellule del nucleo magnicellulare basale, contenuto nelle colonne del Clarke (cfr. a pg. 215); abbiamo già veduto come tali neuriti volgono lateralmente, attraversando la base del corno posteriore del medesimo lato, si circondano poi di mielina e così attraversano anche il rispettivo cordone laterale, sino a che, giunti in prossimità della superficie della midolla, si dividono a T come le fibre funicolari, diventando così longitudinali e costituiscono in tal modo il fascio in questione (fig. 129); il ramo discendente della fibra è corto e si comporta come quello di una fibra funicolare, il ramo ascendente è lungo, percorre tutta la midolla senza subire alcuna interruzione e termina nel cervelletto.

Siccome il nucleo magnicellulare basale comincia nella porzione lombare della midolla e si estende fino al VII nervo cervicale, il fascio midollo-cerebellare manca nella porzione sacrale della midolla, è piccolo nella lombare e diventa più grosso a misura che sale; nella porzione cervicale conserva poi dimensioni costanti, non ricevendo altre fibre perchè in questa porzione manca il nucleo magnicellulare basale (cfr. pg. 215).

Nel cordone laterale il fascio midollo-cerebellare posteriore è sempre superficiale ed occupa lo spazio compreso tra il fascio

(1) Quando non si conosceva il significato del fascio midollo-cerebellare anteriore, si riteneva il posteriore come solo fascio midollo-cerebellare e per ciò aveva il nome di *fascio cerebellare diretto*.

cortico-midollare incrociato e lo strato grigio corticale (fig. 143). Siccome il fascio manca nella porzione lombo-sacrale della midolla per la causa ora detta, il fascio cortico-midollare incrociato in questa porzione diventa superficiale, come già si è veduto (cfr. a pg. 231). Specialmente nella porzione cervicale della midolla tra il fascio cortico-midollare ed il midollo-cerebellare non si ha netta separazione, ma le loro fibre nel tratto intermedio tra essi si mescolano. La degenerazione del fascio midollo-cerebellare è stata molte volte osservata ed è ascendente.

Le fibre che sorgono dai segmenti inferiori della midolla e che quindi sono più lunghe, si trovano nella zona posteriore del fascio; le fibre che originano da cellule situate cranialmente, si dispongono al davanti delle precedenti (Bing).

Tra le fibre proprie del fascio se ne trovano di funicolari intramidollari, che quindi terminano nella midolla (Betcherew, Hoche, Pitres).

2. *Fascio midollo-cerebellare anteriore* — Le cellule dalle quali esso origina, rimasero per lungo tempo sconosciute; oggi è però ormai assodato che sono le cellule mediali del Waldeyer, poste tra le basi delle colonne anteriori e posteriori (cfr. a pg. 214). Alcuni autori ammettono che anche neuriti del nucleo magnicellulare basale possano recarsi al fascio suddetto, ma altri negano recisamente un tal fatto. Il fascio comincia nella porzione lombare della midolla, un po' inferiormente al fascio omonimo posteriore; ciò è in contraddizione con quanto abbiamo asserito, cioè che le cellule mediali si trovano solo nella porzione toracica della midolla; siccome però il fascio midollo-cerebellare anteriore contiene anche fibre funicolari intramidollari, le quali originano dalle cellule nervose sparse delle colonne posteriori, può darsi che il tratto sacrale e lombare del fascio sia costituito da fibre di questa natura.

Le fibre del fascio in parte almeno sono incrociate, provenendo da cellule situate nella metà opposta della midolla; l'incrocciamento avviene nella commessura bianca anteriore e nelle commisure intracentrali.

Il fascio aumenta di calibro a misura che sale; esso non è nettamente delimitato dal fascio omonimo posteriore. Si conserva sempre superficiale, occupando tutto il tratto superficiale del cordone laterale subito al davanti del fascio midollo-cerebellare posteriore, fino al fascio olivo-midollare (fig. 143). Le fibre che

sorgono nei segmenti più bassi della midolla sono situate all'esterno di quelle originate più in alto; per questo fascio si avvera quindi la legge della posizione eccentrica delle vie lunghe (pg. 226). Tra le fibre proprie del fascio se ne trovano di funicolari intramidollari.

Come varietà il fascio si è veduto molto più esteso del normale, fino nel cordone anteriore del medesimo lato, prendendo rapporti col fascio olivo-midollare od anche ricoprendolo.

d - Vie midollo-mielencefaliche

Come vi sono fibre funicolari intramidollari, che pongono in rapporto tra loro vari segmenti della midolla spinale, così ve ne sono altre mescolate con le precedenti che pongono in relazione il tratto craniale della midolla col mielencefalo (e forse anche col metencefalo). Queste vie non formano fasci distinti, ma sono disperse nei fasci che abbiamo descritto fino ad ora e nei fasci che descriveremo nelle pagine seguenti. La loro esistenza si dimostra con facilità negli animali; se ad un cane si fa l'emisezione della midolla tra il 1° ed il 2° paio di nervi cervicali e dopo qualche giorno lo si uccide e si esamina il mielencefalo col metodo del Marchi (cfr. a pg. 135), si osservano bene delle fibre degenerate sparse in mezzo ai fasci fondamentali che descriveremo tra poco, le quali evidentemente sono fibre midollo-mielencefaliche. Queste fibre originano dalle cellule funicolari della midolla e terminano nella sostanza grigia della base mielencefalica (e forse anche metencefalica). Alcune si comportano come le fibre dei cordoni posteriori, terminando nei nuclei mielencefalici del fascio gracile e del fascio cuneato (Münzer e Wiener); esse decorrono nel fascio fondamentale del cordone posteriore ove le studieremo.

Tra le vie in questione meritano d'essere particolarmente ricordate le *fibre midollo-olivari*, osservate dal Goldstein nell'uomo, che hanno decorso opposto alle olivo-midollari (cfr. a pg. 238) con le quali decorrono mescolate. Esse incominciano a comparire già nella porzione lombare della midolla spinale e si trovano poi lungo tutto quest'organo. Le loro cellule di origine sono sconosciute.

2. - Vie intramidollari

Le vie esogene e le vie endogene midollo-encefaliche non occupano tutta l'area dei cordoni della midolla (fig. 143); rimangono ancora alcune aree che sono occupate dalle *vie intramidollari*, cioè da rami ascendenti e da rami discendenti di cellule funicolari tipiche, i quali terminano nella sostanza grigia come pure fanno le numerose collaterali che si dipartono da essi. Potremo distinguere queste vie in quelle del cordone anteriore, in quelle del cordone laterale ed in quelle del cordone posteriore e per comodità di descrizione conserveremo ai fasci che esse formano, il nome di *fasci fondamentali*; avremo quindi un *fascio fondamentale del cordone anteriore, uno del cordone laterale ed uno del cordone posteriore*. Questi fasci appartengono alla categoria dei fasci misti; infatti nel descrivere le vie esogene e le vie midollo-encefaliche abbiamo spesso osservato che le loro fibre decorrono nei cordoni sparse in mezzo ad altre fibre. I fasci fondamentali si estendono lungo tutta la midolla spinale ed al suo limite superiore si continuano con fasci simili del mielencefalo; così ancora una volta rimane dimostrata l'artificiosità del limite encefalo-midollare, perchè noi con esso veniamo a separare due organi che invece sono continui. Le fibre dei fasci fondamentali sono ascendenti e discendenti, mescolate insieme, derivando dalla biforcazione dei neuriti delle cellule funicolari (cfr. pg. 198); per ciò il piano che segna il limite tra midolla spinale e mielencefalo è attraversato da fibre ascendenti, le quali hanno la loro cellula di origine nella midolla spinale, e da fibre discendenti, che originano, cioè nel mielencefalo; le prime vennero da noi già accennate col nome di vie midollo-mielencefaliche, le seconde con quello di fibre mielencefaliche del fascicolo longitudinale posteriore.

Il *fascio fondamentale del cordone anteriore* è situato lateralmente al fascio cortico-midollare diretto riunito col fascicolo longitudinale posteriore (fig. 143), tra la colonna anteriore e lo strato grigio corticale, fino al limite tra il cordone anteriore ed il cordone laterale; al di là di tale limite comincia il fascio fondamentale del cordone laterale e, poichè il limite che noi stabiliamo tra i due cordoni, è puramente artificiale, i due fasci fondamentali potrebbero venire riuniti in uno solo, cioè nel *fascio fondamentale dei cordoni anteriore e laterale*. Il fascio fondamentale del cor-

done anteriore contiene in avanti il fascio olivo-midollare (fig. 143); le sue fibre proprie sono mescolate con fibre talamo-midollari, vestibolo-midollari, tetto-midollari e forse anche midollo-talamiche; sono poi incrociate dalle fibre delle radici anteriori dei nervi. Le fibre più lunghe sono situate all'esterno delle meno lunghe. Un'area del fascio fondamentale che merita speciale riguardo è quella che si trova subito all'esterno del fascio cortico-midollare diretto e che si estende fino alla superficie libera del cordone anteriore vicino al fascio ora ricordato (fig. 143). In tale area, insieme a fibre funicolari intramidollari lunghe, si raccolgono molte altre fibre che già conosciamo cioè fibre vestibolo-midollari, tetto-midollari, fibre proprie del fascicolo longitudinale posteriore e fibre talamo-midollari; essa appare come una espansione laterale del fascio cortico-midollare diretto ed ha il nome di *fascicolo marginale* (1).

Il *fascio fondamentale del cordone laterale* (fig. 143) è situato tra la faccia laterale delle colonne ed i fasci midollo-cerebellare posteriore, cortico-midollare incrociato con le sue porzioni rubro-midollare e midollo-talamica, e midollo-cerebellare anteriore; tra questo e la linea pararadicolare antero-laterale raggiunge lo strato grigio corticale. Viene suddiviso in due porzioni, cioè nella *zona limitante* (2) (fig. 143, 1-3), che si trova ad immediato contatto con la sostanza grigia e che contiene in prevalenza fibre corte, e nella *zona mista*, situata subito dietro alle fibre radicolari anteriori, nella quale oltre a fibre corte si trovano fibre di considerevole lunghezza. La zona limitante nelle sezioni trasversali si presenta come una lamina piegata ad angolo aperto verso l'esterno; il lato anteriore dell'angolo ebbe dal Cajal il nome di *fascicolo del nucleo intermedio* (fig. 143, 1), perchè viene formato da fibre che provengono in parte dalle cellule della formazione reticolare (*nucleo intermedio* del Cajal); la parte centrale venne da questo Autore denominata *fascicolo del corno posteriore* (2), perchè la credette costituita da neuriti di cellule funicolari della corri-

(1) Sinonimia: *Fascicolo solco-marginale*, *fascicolo marginale anteriore* (con quest'ultimo nome si designa da taluni quel complesso di fibre che ricordiamo a pg. 238).

(2) La indico così e non col nome di *zona marginale* che le danno gli autori per non confonderla con la *zona marginale* delle colonne posteriori (del Lissauer).

spondente colonna posteriore (il che è negato dal Collier e dal Buzzard); infine il lato posteriore dell'angolo dal Bechterew è chiamato *fascicolo mediale del cordone laterale* (3) e merita d'essere distinto dal resto perchè mielinizza abbastanza precocemente.

Al sistema del fascio fondamentale del cordone laterale appartiene la maggior parte delle fibre della *zona marginale* (del Lissauer); infatti essa è costituita in prevalenza da fibre funicolari brevi che fuoriescono o che penetrano nella sostanza gelatinosa del Rolando, in mezzo alle quali si trovano fibre delle radici posteriori che si dividono in un ramo ascendente ed in un ramo discendente (Leszlényi).

Il *fascio fondamentale del cordone posteriore* (fig. 143) (1) è situato in prossimità della commessura grigia ed occupa quindi la parte più interna del cordone. Si estende lungo tutta la midolla e solo nel suo tratto anteriore contiene sole fibre endogene intramidollari; posteriormente le fibre proprie si confondono con le fibre sensitive costituite dalla divisione delle fibre radicolari posteriori. Fibre intramidollari sono poi mescolate tra le fibre del fascio ovale, del fascio a virgola e del fascio superficiale.

Le fibre funicolari provengono specialmente da due zone grigie in ogni cordone posteriore e cioè dal setto mediano posteriore e dalla faccia mediale di ogni colonna posteriore (Münzer e Wiener); di rado si tratta di fibre incrociate, che hanno cioè le loro cellule di origine nelle colonne posteriori del lato opposto. Alcune di esse si comportano cranialmente come le fibre dei rami ascendenti delle radici posteriori, terminando nei nuclei del fascicolo gracile e del fascicolo cuneato (Münzer e Wiener); in questo arrivano fibre funicolari dalla porzione cervicale della midolla, in quello fibre derivanti dalle porzioni toracica e lombare.

D. — I fasci della midolla spinale considerati nel loro insieme

La sostanza bianca della midolla spinale, come abbiamo veduto nelle pagine precedenti, contiene un grande numero di fibre nervose, alcune delle quali servono a raccogliere le impressioni dall'esterno, altre la pongono in relazione con l'encefalo ed altre

(1) Sinonimia: *Zona corno-commessurale* (Marie), *campo antero-laterale* (Strümpell).

infine servono a stabilire rapporti tra punti diversi della midolla medesima. Tutte queste fibre sono disposte secondo determinati ordini, ma non formano mai degli aggruppamenti costituiti da una sola specie di fibre; invece, come già facemmo osservare, in alcune zone della sostanza bianca prevalgono alcune specie di fibre, in altre prevalgono fibre di specie diversa. *La divisione schematica della sostanza bianca in fasci nervosi, quale viene fatta anche nei moderni trattati, non corrisponde quindi alla realtà.*

Le fibre della sostanza bianca midollare si possono suddividere in *esogene* ed in *endogene*; la tabella seguente indica come si suddividono.

Vie esogene	di origine encefalica	Via telencefalo midollare	{ Fascio cortico-midollare diretto Fascio cortico-midollare incrociato	
		Via diencefalo-midollare	{ Fibre talamo-midollari Fascio triangol. prepiram- midale (?)	
		Via mesencefalo-midoll.	{ Fascio rubro-midollare Fascicolo longitudin. po- steriore Fibre tetto-midollari	
		Via metencefalo-midoll.	{ Fibre reticolo-midollari(?) Fibre cerebello-midolla- ri (?)	
		Via bulbo-midollare	{ Fibre vestibolo-midollari Fascio olivo-midollare	
		Via midollo-bulbare	{ Fascio gracile Fascio cuneato	
	di origine gangliare	Via midollare discendente	{ Fascio olivare Fascio a virgola Fascio superficiale	
		Radici anteriori dei nervi		
	Vie endogene	Vie midollo- encefaliche	Via midollo-diencefalica	- Fibre midollo-talamiche
			Via midollo-mesencefalica	- Fibre midollo-tettali (?)
Vie intramidollari		Via midollo-metencefalica	{ Fascio midollo-cerebella- re posteriore Fascio midollo-cerebellare anteriore	
		Via midollo-bulbare	- Fibre midollo-olivari	
			{ Fascio fondamentale del cordone anteriore Fascio fondamentale del cordone laterale Fascio fondamentale del cordone posteriore	

Siccome le fibre nervose terminano in parte nella sostanza grigia della midolla, si deve ammettere che questa sia da ri-

guardare come un centro nervoso che per un lato è indipendente, per l'altro lato dipende dall'encefalo.

A - La midolla spinale è un centro indipendente in quanto riceve stimoli dalla periferia per mezzo delle radici posteriori e li trasmette alle radici anteriori motrici. La trasmissione può avvenire direttamente (arco riflesso diretto) quando le fibre o le collaterali da esse derivanti trasportano lo stimolo senza interposizione di altri elementi alle cellule radicolari; è indiretta (arco riflesso indiretto) nel caso opposto. Ad ogni modo la trasmissione non si fa mai da una *sola* fibra sensitiva ad una *sola* cellula motrice, ma le fibre sensitive si trasmettono sempre a parecchie cellule; e nel caso dell'arco riflesso indiretto possono essere eccitate *tutte* le cellule motrici se le fibre cordonali diffondono lo stimolo lungo tutta la midolla.

La funzione della midolla come centro autonomo persiste anche se la midolla è separata dall'encefalo e l'esperimento lo dimostra in modo evidente. A questa nuova concezione sull'importanza funzionale della midolla siamo stati condotti dalle ricerche anatomo-comparative.

Alcuni fatti anatomo-patologici, come le anestesiie cutanee segmentarie che si verificano in seguito a determinate lesioni midollari (siringomielia), e l'osservazione della distribuzione metamERICA che presenta la sostanza grigia in vertebrati inferiori, hanno fatto supporre che il centro midollare sia a sua volta costituito da parecchi centri, situati metamERICAMENTE l'uno dopo l'altro. Si è anche fissato il numero di questi centri segmentari, ponendolo in rapporto con quello delle radici nervose; e per ciò nell'uomo si avrebbero 31 centri metamERICI da ciascuno dei quali originerebbe un paio di radici anteriori ed in ciascuno terminerebbe un paio di radici posteriori. *Una tale divisione manca di qualsiasi fondamento anatomico.* Se si pensa che le radici nervose dei ciclostomi, i più bassi tra i cranioti, non sono pari ma che le sensitive si alternano con le motrici, che perfino nell'uomo si conserva traccia di questa disposizione, e che ogni radice motrice è formata da neuriti i quali provengono da cellule radicolari di parecchi dei pretesi segmenti come ogni radice sensitiva termina a diversi di tali segmenti, si vede tosto come la suddetta teoria non corrisponda ai fatti. *La metamERIA interna della midolla non esiste dunque affatto.* Solo per comodità di descrizione possono chiamarsi *segmenti radicolari* i tratti

di midolla spinale separati tra loro per mezzo dei piani trasversali all'asse midollare che passano tra le aree radicolari successive (cfr. a pg. 161); ogni segmento dà origine a due radici anteriori ed a due radici posteriori.

Invece della suddivisione metamerica della midolla spinale ha base anatomica la suddivisione della sostanza nervosa motrice (cellule radicolari) in gruppi corrispondenti a determinati muscoli od a determinati gruppi di muscoli; ma su questo argomento noi ci intratteremo più a proposito studiando l'origine reale dei nervi spinali.

B - La midolla spinale è un centro dipendente dall'encefalo in causa delle vie ascendenti e discendenti che a quest'organo la collegano. Anche intorno a queste connessioni l'anatomia comparata ci ha fatto fare enormi progressi; mentre nella massima parte dei libri d'anatomia umana si legge infatti che dalla midolla salgono all'encefalo una via sensitiva per mezzo dei cordoni posteriori ed una via di significato incerto per mezzo dei fasci midollo-cerebellari, e che dall'encefalo discende alla midolla una via motrice per mezzo dei fasci cortico-midollari, noi ora sappiamo che invece parecchie vie sensitive e motrici riuniscono l'encefalo alla midolla. Queste vie si possono distinguere in *vie di I ordine* ed in *vie di II ordine*; interrotte le une, possono venire supplite nella loro funzione dalle altre. Così comprendiamo come ad es. la recisione della via cortico-midollare in un cane non determini alterazioni sensibili nella mobilità volontaria, contrariamente a quello che dovrebbe avvenire se la via cortico-midollare fosse la sola via capace di trasportare gli stimoli volitivi dalla corteccia cerebrale alle cellule motrici della midolla. Le vie di I° ordine sono quelle che stabiliscono i rapporti più diretti tra la midolla e l'encefalo, le vie di II ordine quelle che stabiliscono tali rapporti in modo meno diretto. Le une e le altre si possono distinguere in vie sensitive (ascendenti) ed in vie motrici (discendenti).

La *via sensitiva di I° ordine* è costituita dai rami ascendenti lunghi delle fibre radicolari posteriori, contenute nei cordoni posteriori; le indagini sperimentali paiono dimostrare che essa serve al senso muscolare ed alla sensibilità tattile (Petren).

Le *vie sensitive di 2° ordine* sono parecchie; tutte originano dalle cellule nervose funicolari della midolla spinale, le quali a loro volta raccolgono le impressioni sensitive dalle terminazioni dei

rami ascendenti medi e corti, dei rami discendenti e delle collaterali delle fibre radicolari posteriori. La più diretta è la *via midollo-talamica*, che dalla sostanza grigia midollare va al talamo ottico; un'altra via è la *midollo-cerebellare*, la quale va al cervelletto ove si pone poi in rapporto con vie che vanno alla corteccia cerebrale; una terza via è la *via funicolare*, formata dalle fibre dei fasci fondamentali che si trasmettono da tratto a tratto di midolla spinale e da questa all'encefalo. Quale sia la funzione speciale di ciascuna di queste vie noi non lo sappiamo; certo è solo che, allorchè venga distrutta la sostanza grigia midollare, si osservano specialmente alterazioni della sensibilità dolorosa e scomparsa della sensibilità termica (Petren).

La *via motrice di 1° ordine* è la cortico-midollare (diretta ed incrociata), che trasporta l'impulso dalla corteccia cerebrale alle cellule radicolari.

Le *vie motrici di 2° ordine* sono parecchie; tutte provengono da un nucleo encefalico il quale a sua volta è in connessione con la parte di corteccia cerebrale da cui deriva la via cortico-midollare. Fra le vie motrici di 2° ordine la principale è la *via rubro-midollare*; le altre (tetto-midollare, vestibolo-midollare, olivo-midollare, fascicolo longitudinale posteriore, ecc.) servono solò a far sì che alcuni determinati eccitamenti (visivi, statici, ecc.) vengano trasmessi alle cellule motrici della midolla spinale.

III - Struttura del filo terminale

Già al di sotto dell'origine apparente del nervo coccigeo la struttura del cono terminale in modo assai brusco si fa più semplice. La fessura midollare divenuta superficiale non separa più l'uno dall'altro i cordoni anteriori tranne che nella loro porzione anteriore (fig. 156): tra le fibre longitudinali dei cordoni se ne osservano di trasversali, che manifestamente rappresentano le ultime fibre della commessura bianca. La sostanza grigia interna è ridotta ad un grande ammasso che nelle sezioni ha la forma di un trapezio, con la base volta anteriormente, i cui angoli arrotondati leggermente sporgenti rappresentano le colonne; il canale centrale dilatato costituisce il ventricolo terminale (cfr. a pg. 184).

Nel filo terminale esterno subito sotto al cono terminale la sostanza grigia, costituita da una massa gelatinosa, prende la

forma di un ammasso cilindrico, leggermente schiacciato in senso laterale; la sostanza bianca forma un esile strato al davanti ed ai lati della precedente. A varia distanza dal cono terminale, ma in media a 5 cm., la sostanza bianca è ridotta a due gruppi di fibre nervose longitudinali situate lateralmente ad un accumulo di sostanza gelatinosa (fig. 157); poi a poco a poco questo

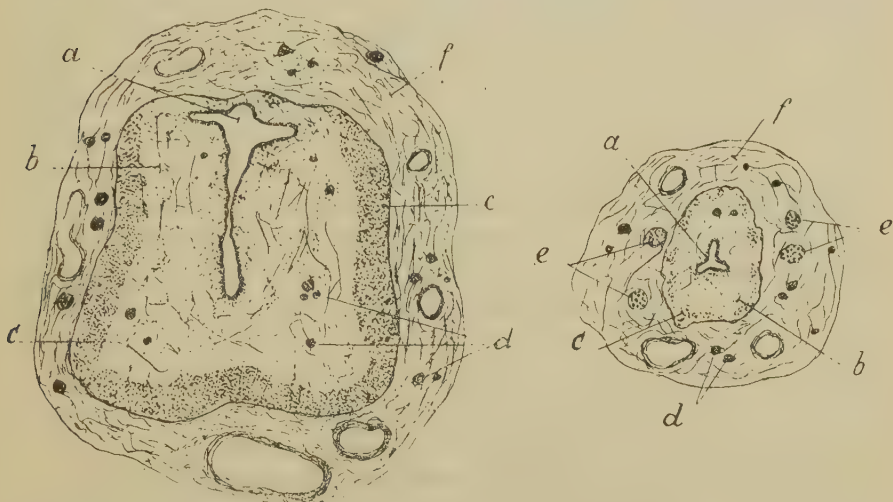


Fig. 156-157 — Struttura del filo terminale (uomo di 49 anni: sezioni trasversali del filo terminale subito al di sotto dell'origine del nervo coccigeo (fig. 156) ed a 5 centimetri dall'apice del cono terminale (fig. 157). — *a*, ventricolo terminale e canale centrale; *b*, sostanza grigia interna; *c*, sostanza bianca; *d*, corpuscoli amiloidei; *e*, radici del nervo coccigeo; *f*, guaina meningeale del filo terminale interno.

scompare e rimangono solo le fibre suddette, che si prolungano in tutto il filo terminale interno e che rappresentano il 2° ed il 3° paio dei nervi coccigei. Esse formano alcuni fascetti isolati l'uno dall'altro che terminano a vario livello. Il tessuto gelatinoso è costituito da cellule gliali e da cellule rotondeggianti, che rappresentano cellule ependimali involute; vi si notano quà e là corpuscoli amiloidei, simili a quelli dello strato corticale (fig. 156-157). A misura che questo tessuto si riduce, aumenta in spessore lo strato fibroso che riveste il filo terminale (fig. 157) e che è costituito dalla pia madre; così, quando il tessuto gelatinoso è scomparso completamente, i due gruppi di fibre nervose che da ogni lato del filo terminale interno rappresentano gli ultimi nervi coccigei (2° e 3°), sono contenuti in seno a semplice tessuto connettivo proveniente dalla meninge suddetta. Il canale

centrale si trova solo al principio del filo terminale (fig. 156-157); da prima la sua sezione trasversa ha forma di prisma triangolare con un lato posteriormente, poi appare come una stretta fessura trasversale.

Il filo terminale interno a circa 10 cm. di distanza dal cono terminale oltre alle fibre nervose suddette contiene scarse cellule nervose, di natura ganglionare, che evidentemente rappresentano i gangli spinali del 2° e del 3° nervo coccigeo, vasi sanguiferi che si continuano con quelli della midolla, e tessuto connettivo, che deve riguardarsi come una dipendenza della pia madre. Come si vede, da questo momento il filo terminale nell'adulto non presenta più neanche tracce degli elementi costitutivi della midolla spinale. Per conseguenza ci occuperemo in modo speciale della struttura della parte inferiore del filo terminale interno e di quella del filo terminale esterno studiando il modo di comportarsi delle meningi midollari su esso.

§ 4.

Origine dei nervi spinali

Più volte abbiamo accennato che dalla midolla originano dei grossi cordoni nervosi, le *radici dei nervi*, i quali costituiscono due serie longitudinali pari e simmetriche, una serie anteriore e l'altra posteriore (fig. 90), ed abbiamo anche veduto come le radici di ogni serie si riuniscano con le corrispondenti della serie omolaterale per costituire i *nervi spinali*. Ogni nervo spinale è quindi prodotto dalla riunione di una *radice anteriore* e di una *radice posteriore* (fig. 90); siccome la prima è formata da fibre che si distribuiscono ai muscoli e ne determinano la contrazione, ha anche il nome di *radice motrice*, e poichè la seconda reca al sistema nervoso centrale le impressioni sensitive che ha raccolto dagli organi periferici, la si chiama anche *radice sensitiva*; il nervo spinale, essendo formato dalle due radici suddette, è quindi un *nervo misto* (cfr. a pg. 129). Sul decorso di ogni radice posteriore, prima ch'essa si riunisca all'anteriore, trovasi un rigonfiamento, formato da un accumulo di cellule ganglionari; esso è il *ganglio spinale* (fig. 90).

La riunione tra le radici di ogni nervo avviene di regola nel

foro di coniugazione per cui il nervo esce dal canale vertebrale per distribuirsi nell'organismo; per ciò tale riunione è extradurale, cioè al di fuori del rivestimento formato dalla dura madre alla midolla (cfr. a pg. 141); la dura madre si continua però attorno alle radici ed al nervo misto (Sterzi, 1901), come meglio vedremo studiando le meningi midollari. Solo il nervo coccigeo si costituisce entro allo spazio intraracnoidale (cfr. a pg. 130), perchè le sue radici si fondono insieme prima di uscire dal sacco durale. Eccezionalmente si può osservare la costituzione del nervo misto entro alla dura madre anche per il 1° nervo cervicale.

Le radici nervose sono in numero di 31 paia per ogni metà della midolla; si hanno quindi 31 nervi misti per ciascun lato. Nel filo terminale interno si trovano fibre nervose che rappresentano il 2° e 3° nervo coccigeo (cfr. a pg. 261) e che quindi rappresentano il 32° ed il 33° paio di nervi. Quando si ha una 6ª vertebra sacrale, si ha anche un nervo soprannumerario (Henle). Il primo paio di radici esce tra l'occipitale e l'atlante; l'ultimo tra la prima e la seconda vertebra coccigea, attraverso alla membrana fibrosa (legamento sacro-coccigeo posteriore) che chiude in questo punto il canale vertebrale. Alle radici ed ai nervi da esse formati si è dato il nome del foro di coniugazione che attraversano; e poichè il 1° paio di radici passa nello spazio tra l'atlante e l'occipitale, le radici spinali vengono divise in ogni metà della midolla in

8	radici	anteriori	e	posteriori	cervicali
12	»	»	»	»	toraciche (dorsali)
5	»	»	»	»	lombari
5	»	»	»	»	sacrali
1	»	»	»	»	coccigee.

Come varietà molto rara si è osservata la mancanza di una radice; quella che manca più spesso (8 $\frac{0}{10}$) è la 1ª radice posteriore cervicale e la mancanza può essere unilaterale o bilaterale; delle altre radici si è veduta mancare qualcheduna delle anteriori toraciche fra la II e la X (Adamkiewicz).

Le dimensioni delle radici nervose variano a seconda dei nervi; in generale sono più grosse le posteriori; tutte poi sono più grosse in corrispondenza dei rigonfiamenti; piccolissime radici ha il nervo coccigeo. La radice posteriore del 1° nervo cervicale fa eccezione alla regola, essendo più piccola dell'anteriore; per

la sua piccolezza tale radice venne a lungo negata, sebbene l'Eustachi ed il Santorini l'avessero disegnata; il primo nervo spinale è quindi in prevalenza un nervo motore e così forma il termine intermedio tra i nervi spinali misti e l'ultimo nervo encefalico (n. ipoglosso) che è esclusivamente motore.

Le radici attraversano più o meno obliquamente il canale vertebrale per raggiungere il rispettivo foro di coniugazione; l'obliquità delle radici è dovuta all'ascensione della midolla (cfr. a pg. 153). Siccome durante l'accrescimento ineguale della midolla e della colonna vertebrale questi due organi rimangono immobili alle loro estremità superiori e l'allungamento avviene solo nella direzione dall'alto al basso, le radici sono tanto meno oblique quanto più vicine all'estremità superiore della midolla. Per le radici lombari, sacrali e coccigee l'obliquità è quindi molto forte (fig. 69); tali radici devono compiere un lungo tragitto entro al canale vertebrale prima di raggiungere il rispettivo foro di coniugazione lombare, sacrale e coccigeo ove si riuniscono per formare il nervo misto. La seguente tabella di A. Soulié, che si riferisce all'esame di 8 cadaveri di adulto alti m. 1.52 - 1.65, dà in millimetri la lunghezza del percorso intravertebrale delle singole radici dal punto più alto dell'origine apparente delle radici posteriori alla parte media del rispettivo foro di coniugazione, dimostrando chiaramente quanto abbiamo asserito:

1 ^a cerv. mm. 3- 3,5 : media mm. 3	9 ^a torac. mm. 35- 59 : media mm. 52
2 ^a » » 4-11 : » » 8	10 ^a » » 37- 69 : » » 55
3 ^a » » 8 17 : » » 16	11 ^a » » 42- 83 : » » 58
4 ^a » » 9 19 : » » 18	12 ^a » » 51-109 : » » 81
5 ^a » » 10-20 : » » 20	1 ^a lomb. » 68-113 : » » 91
6 ^a » » 11-23 : » » 23	2 ^a » » 90-139 : » » 110
7 ^a » » 13-27 : » » 25	3 ^a » » 98-152 : » » 132
8 ^a » » 19-28 : » » 27	4 ^a » » 137-168 : » » 151
1 ^a torac. » 24-33 : » » 29	5 ^a » » 155-193 : » » 170
2 ^a » » 26-37 : » » 33	1 ^a sacr. » 170-192 : » » 185
3 ^a » » 30-41 : » » 38	2 ^a » » 182-204 : » » 196
4 ^a » » 33-46 : » » 43	3 ^a » » 198-235 : » » 221
5 ^a » » 35-48 : » » 45	4 ^a » » 211-254 : » » 239
6 ^a » » 40-49 : » » 47	5 ^a » » 239-270 : » » 262
7 ^a » » 40 56 : » » 49	1 ^a coccig. » 266 : » » 266
8 ^a » » 37-53 : » » 49	

La lunghezza del tragitto intravertebrale delle radici varia

naturalmente nei diversi individui, essendo in rapporto con la lunghezza della colonna vertebrale, che a sua volta dipende dall'altezza dei singoli corpi vertebrali.

Le lunghe radici lombari, sacrali e coccigee riempiono la parte inferiore del canale vertebrale, ove la midolla spinale è rappresentata dal sottile *filo terminale* (fig. 76) e formano quel lungo fiocco che è la già menzionata *coda equina* (pg. 140). La coda equina in alto abbraccia anche l'estremità inferiore della midolla, ove le radici nervose hanno decorso molto obliquo; non termina sulla midolla con un limite netto, perchè le radici si fanno gradatamente meno oblique a misura che salgono in alto; come limite topografico si indica ordinariamente il XII disco intervertebrale toracico. Sezionando trasversalmente la coda equina noi vi troveremo tanto minor numero di fasci nervosi quanto più andremo inferiormente e ciò perchè essi a grado a grado escono dal canale vertebrale. Nel loro insieme i fasci della coda equina sono in numero di 45; infatti sono formati dalle 20 radici delle 5 paia di nervi lombari, dalle 20 radici delle 5 paia di nervi sacrali, dalle 4 radici del paio coccigeo e dal filo terminale interno.

Le radici dei nervi hanno una disposizione segmentaria; se quindi non si può parlare di metameria interna nella midolla spinale (cfr. a pg. 258), esiste però una metameria superficiale, determinata dall'origine dei nervi. In base a tale metameria esterna noi abbiamo diviso la midolla nei *segmenti radicolari* (cfr. a pg. 161); or bene, questi segmenti midollari corrispondono alla segmentazione dell'organismo. È noto che tale segmentazione è ben manifesta nel tronco (scheletro, muscoli, vasi, ecc.) e manca negli arti; ciascun arto viene infatti formato da tratti provenienti da parecchi metameri somatici, tratti che sono disposti non l'uno di seguito all'altro, ma in serie laterali asimmetriche in ciascun arto. Per intendere questa formazione (la quale deve esserci nota per interpretare i rapporti tra origini dei nervi e metameri) bisogna aver presente lo sviluppo degli arti e, senza voler entrare in minute descrizioni, per le quali rimando ai libri di embriologia, mi limito a ricordare come gli arti comincino a formarsi quali rigonfiamenti delle pareti del corpo, i quali rigonfiamenti corrispondono a parecchi metameri somatici (fig. 158); in ogni metamerio devesi poi distinguere una parte tegumentale (dermatomero), una parte muscolare (miomero), una parte vascolare (angiomero)

ecc. Durante l'accrescimento dell'arto i suddetti metameri non si allungano in modo uniforme, così da costituire tutti insieme l'arto fino alla sua estremità, ma invece scorrono gli uni sugli altri, distaccandosi dalla parte assile del tronco, e lo scorrimento incomincia dai metameri che formano la porzione centrale dell'abbozzo dell'arto.

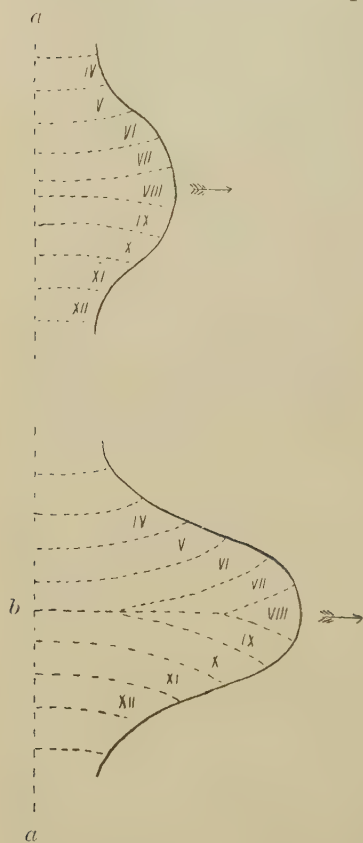


Fig. 158-159 — Comportamento dei metameri durante l'accrescimento degli abbozzi degli arti superiori in uno stadio molto precoce (fig. 158) ed in uno stadio più avanzato (fig. 159). Schema. — *a, a*, linea assile del tronco; *b*, linea di scorrimento; i numeri romani indicano i metameri.

Così confrontando la fig. 158 con la fig. 159 si vede come il metamero VIII dell'abbozzo primitivo dell'arto, che è il metamero centrale, in uno stadio più avanzato si sia spostato verso la periferia, scorrendo sui metameri vicini e perdendo ogni connessione con la parte assile del tronco (rappresentata dalla linea *a, a*); questo metamero è venuto in tal modo a formare la parte apicale dell'abbozzo dell'arto. I metameri vicini (VII, IX) si sono spostati anch'essi verso l'esterno, distaccandosi dalla parte assile del tronco (*a, a*) e formano l'abbozzo dell'arto vicino al metamero predetto. Col crescere dell'arto il processo di scorrimento dei metameri l'uno sull'altro ed il loro distacco dalla parte assile del tronco seguita a ripetersi più volte, cosicchè l'arto definitivo è formato da tanti segmenti posti l'uno in fila all'altro e che corrispondono ai metameri primitivi (fig. 160). Come ben dimostra la fig. 159, in conseguenza dello scorrimento dei metameri lungo gli arti si devono formare delle linee (*b*) che indicano la direzione dello scorrimento; hanno il nome di *linee assili*, e ve ne sono due per ogni arto, una sulla faccia anteriore e l'altra

sulla faccia posteriore (fig. 160); esse segnano il limite tra i metameri situati cranialmente all'origine del metamero centrale dalla parte assile del tronco ed i metameri situati caudalmente a tale origine,

Le radici nervose provenienti da un determinato segmento midollare si distribuiscono al metamero somatico corrispondente; ne risulta da tutto questo che *le lesioni delle radici nervose che si distribuiscono o che provengono dai metameri del tronco, determinano delle alterazioni (motrici, sensitive, trofiche, ecc.) che sono metameriche, mentre alle lesioni delle radici dei nervi degli arti corrispondono delle alterazioni a tratti od a zone, cioè senza carattere metamerico.*

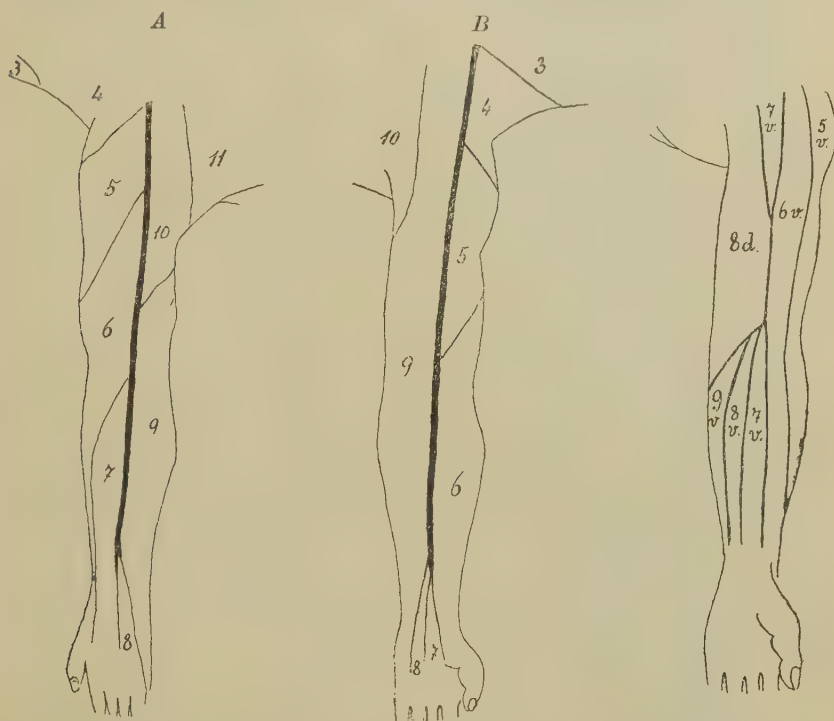


Fig. 160 — Dermatomi dell'arto superiore, veduti dalla faccia posteriore (A) e dalla anteriore (B), secondo il Bolk. I numeri 3-8 indicano i dermatomi innervati dai segmenti radicolari cervicali corrispondenti ed i numeri 9-11 quelli innervati dai segmenti toracici I-III.

Fig. 161 — Proiezione dei miotomi dell'arto superiore veduti dalla faccia anteriore (secondo il Bolk). — 5-9 v, gruppi muscolari anteriori provenienti dai miotomi innervati dai segmenti radicolari V cervicale - I toracico; 8 d, gruppo muscolare posteriore proveniente dal miotomo innervato dallo VIII segmento cervicale.

La distribuzione delle fibre provenienti dalle singole radici nervose è resa poi complicata dal fatto che le parti costitutive dei vari metameri non si sovrappongono esattamente; così ad es. nel tronco i dermatomi sono situati un poco più caudalmente dei rispettivi miomeri (Sherrington); negli arti la corrispon-

denza tra dermatomeri e miomeri manca completamente (cfr. la fig. 160 *B* con la fig. 161).

Premesse queste generalità, esaminiamo allora la *origine apparente* e la *origine reale* delle radici dei nervi spinali.

A. ~ Origine apparente

Abbiamo già asserito che l'origine apparente delle radici avviene per mezzo di numerosi filuzzi o *radicole* ed è situata in corrispondenza delle *aree radicolari* (pg. 160 e segg.); di queste aree e dei caratteri morfologici delle radicole anteriori e posteriori ci siamo a lungo già occupati (pg. 161 e segg.).

Le aree radicolari corrispondono grossolanamente ai segmenti radicolari (cfr. a pg. 161); per ciò quello che andremo osservando intorno ai rapporti delle aree radicolari vale anche per i rapporti dei segmenti radicolari.

Le aree radicolari non sono ugualmente estese nelle radici corrispondenti; si può stabilire come concetto generale che sono tanto più ampie quanto più è grossa la radice che da esse sorge. Sono specialmente variabili le aree radicolari dei primi due nervi cervicali ed in particolar modo quelle delle loro radici posteriori; l'area radicolare della I radice posteriore può mancare completamente e la radice può essere fatta a spese del nervo spinale (V.¹ a questo nervo); questa area radicolare può trovarsi nel mielencefalo, essendo situata subito sopra il limite superiore della midolla spinale, oppure può essere avvicinata all'area radicolare della II radice posteriore.

Le aree radicolari in seguito all'ascensione della midolla sono spostate in alto rispetto ai fori di coniugazione pei quali escono i nervi rispettivi, ed ha grande interesse pratico il determinare il livello delle singole aree radicolari rispetto a quello dei corrispondenti fori di coniugazione e rispetto a quello delle apofisi spinose. Nella fig. 162 abbiamo riprodotto tali corrispondenze.

Rimandando ai trattati di Anatomia topografica per più minute notizie intorno alla topografia vertebro-midollare, ci limiteremo qui a ricordare che i rapporti presentano frequenti differenze individuali e che mentre le prime due aree radicolari cervicali sono circa a livello del rispettivo foro di coniugazione, la terza area radicolare si trova all'altezza del margine inferiore del II foro di coniugazione; la VIII è all'altezza del VII foro di

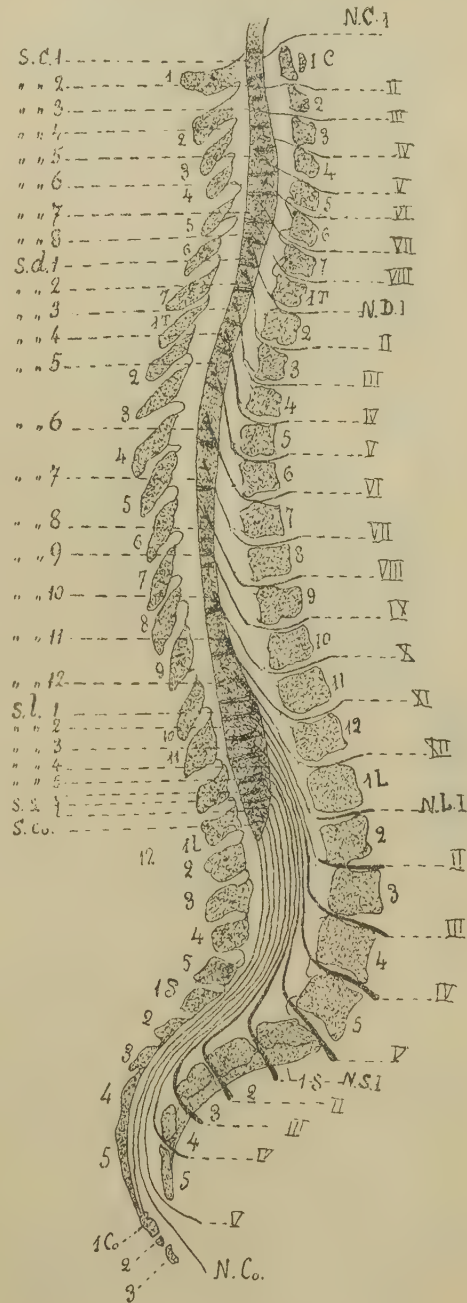
coniugazione; le aree radicolari toraciche sono circa a livello del peduncolo vertebrale situato sopra al foro di coniugazione immediatamente superiore a quello pel quale escono le rispettive radici; la I area radicolare lombare è a livello dell'arco della X vertebra toracica; la V lombare trovasi a livello del XII foro di coniugazione toracico; la III sacrale è a livello dell'arco della I vertebra lombare (cfr. la fig. 162).

Rispetto ai rapporti tra aree radicolari ed apofisi spinose grossolanamente si può ritenere che per avere il numero dell'area radicolare che si trova a livello di un'apofisi spinosa bisogna aggiungere al numero dell'apofisi spinosa

1 per le vertebre cervicali

2 per le vertebre to-
raciche I-VI

Fig. 162 — Rapporti tra i segmenti radicolari della midolla e delle radici dei nervi coi corpi e con le apofisi spinose delle vertebre (dal Dejerine, modificata). — I numeri andando da sinistra a destra indicano i segmenti radicolari (*s. c. 1, s. c. 2, ecc.*, segmento radicolare cervicale I, II, ecc.), le apofisi spinose (1, 2, 3, ecc.), i corpi vertebrali (1 *c.*, 2 *c.*, ecc.), i nervi spinali (*NCI, II, III, ecc.*, nervo cervicale I, II, III, ecc.).



		2C	1		
		4C	2		
		5C	3		
	1C	6C	4		
		8C	5		
		10C	6		
	2T	12T	7		
		14T	8		
	3T	16T	9		
		18T	10		
	5T	20T	11		
		22T	12		
	8T	24T	13		
		26T	14		
		28T	15		
	12T	30T	16		
		32T	17		
	14L	34L	18		
		36L	19		
	3L	38L	20		
		40L	21		
1S		42L	22		
2S			23		
3S			24		
4S			25		
5S			26		
6S			27		
7S			28		
8S			29		
9S			30		
10S			31		
11S			32		
12S			33		
13S			34		
14S			35		
15S			36		
16S			37		
17S			38		
18S			39		
19S			40		
20S			41		
21S			42		
22S			43		
23S			44		
24S			45		
25S			46		
26S			47		
27S			48		
28S			49		
29S			50		
30S			51		
31S			52		
32S			53		
33S			54		
34S			55		
35S			56		
36S			57		
37S			58		
38S			59		
39S			60		
40S			61		
41S			62		
42S			63		
43S			64		
44S			65		
45S			66		
46S			67		
47S			68		
48S			69		
49S			70		
50S			71		
51S			72		
52S			73		
53S			74		
54S			75		
55S			76		
56S			77		
57S			78		
58S			79		
59S			80		
60S			81		
61S			82		
62S			83		
63S			84		
64S			85		
65S			86		
66S			87		
67S			88		
68S			89		
69S			90		
70S			91		
71S			92		
72S			93		
73S			94		
74S			95		
75S			96		
76S			97		
77S			98		
78S			99		
79S			100		
80S			101		
81S			102		
82S			103		
83S			104		
84S			105		
85S			106		
86S			107		
87S			108		
88S			109		
89S			110		
90S			111		
91S			112		
92S			113		
93S			114		
94S			115		
95S			116		
96S			117		
97S			118		
98S			119		
99S			120		
100S			121		
101S			122		
102S			123		
103S			124		
104S			125		
105S			126		
106S			127		
107S			128		
108S			129		
109S			130		
110S			131		
111S			132		
112S			133		
113S			134		
114S			135		
115S			136		
116S			137		
117S			138		
118S			139		
119S			140		
120S			141		
121S			142		
122S			143		
123S			144		
124S			145		
125S			146		
126S			147		
127S			148		
128S			149		
129S			150		
130S			151		
131S			152		
132S			153		
133S			154		
134S			155		
135S			156		
136S			157		
137S			158		
138S			159		
139S			160		
140S			161		
141S			162		
142S			163		
143S			164		
144S			165		
145S			166		
146S			167		
147S			168		
148S			169		
149S			170		
150S			171		
151S			172		
152S			173		
153S			174		
154S			175		
155S			176		
156S			177		
157S			178		
158S			179		
159S			180		
160S			181		
161S			182		
162S			183		
163S			184		
164S			185		
165S			186		
166S			187		
167S			188		
168S			189		
169S			190		
170S			191		
171S			192		
172S			193		
173S			194		
174S			195		
175S			196		
176S			197		
177S			198		
178S			199		
179S			200		
180S			201		
181S			202		
182S			203		
183S			204		
184S			205		
185S			206		
186S			207		
187S			208		
188S			209		
189S			210		
190S			211		
191S			212		
192S			213		
193S			214		
194S			215		
195S			216		
196S			217		
197S			218		
198S			219		
199S			220		
200S			221		
201S			222		
202S			223		
203S			224		
204S			225		
205S			226		
206S			227		
207S			228		
208S			229		
209S			230		
210S			231		
211S			232		
212S			233		
213S			234		
214S			235		
215S			236		
216S			237		
217S			238		
218S			239		
219S			240		
220S			241		
221S			242		
222S			243		
223S			244		
224S			245		
225S			246		
226S			247		
227S			248		
228S			249		
229S			250		
230S			251		
231S			252		
232S			253		
233S			254		
234S			255		
235S			256		
236S			257		
237S			258		
238S			259		
239S			260		
240S			261		
241S			262		
242S			263		
243S			264		
244S			265		
245S			266		
246S			267		
247S			268		
248S			269		
249S			270		
250S			271		
251S			272		
252S			273		
253S			274		
254S			275		
255S			276		
256S			277		
257S			278		
258S			279		
259S			280		
260S			281		
261S			282		
262S			283		
263S			284		
264S			285		
265S			286		
266S			287		
267S			288		
268S			289		
269S			290		
270S			291		
271S			292		
272S			293		
273S			294		
274S			295		
275S			296		
276S			297		
277S			298		
278S			299		
279S			300		
280S			301		
281S			302		
282S			303		
283S			304		
284S			305		
285S			306		
286S			307		
287S			308		
288S			309		
289S			310		
290S			311		
291S			312		
292S			313		
293S			314		
294S			315		
295S			316		
296S			317		
297S			318		
298S			319		
299S			320		
300S	</				

i rapporti tra aree radicolari ed apofisi spinose, perchè tiene conto delle variazioni individuali; così ad es. da esso risulta che l'origine apparente del 1° nervo toracico può corrispondere dalla metà dello spazio interspinoso tra la V e la VI cervicale ai tre quarti dello spazio tra la VII cervicale e la I toracica.

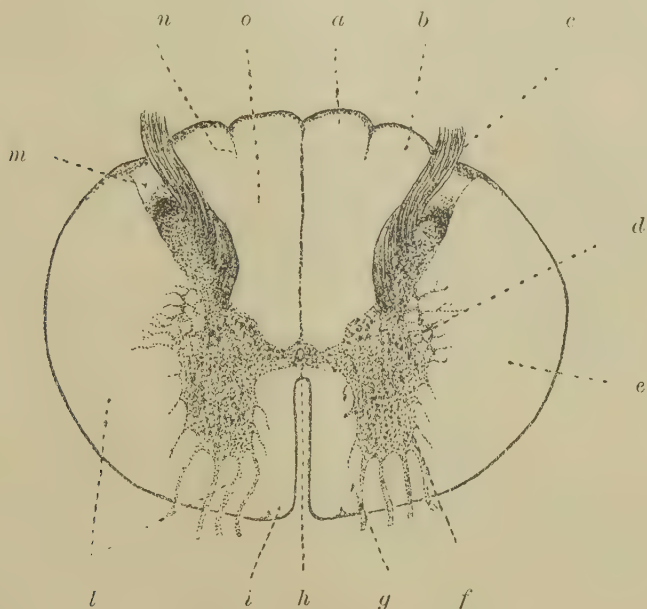


Fig. 164 — Decorso delle radici dei nervi attraverso la sostanza bianca e lo strato corticale della midolla. (sezione trasversa di midolla spinale umana). — *a*, fascio gracile; *b*, fascio cuneato; *c*, radice posteriore; *d*, nucleo cellulare mediano; *e*, cordone laterale; *f*, limite tra il cordone anteriore ed il laterale; *g*, fascio fondamentale del cordone anteriore; *h*, commessura bianca anteriore; *i*, fascio piramidale diretto; *l*, cordone antero-laterale; *m*, zona marginale; *n*, setto intermedio posteriore; *o*, cordone posteriore.

B - Origine reale

Radici anteriori — Le radici anteriori hanno la loro origine reale nelle cellule radicolari delle colonne anteriori (1). I neuriti di queste cellule hanno un diametro di 6-7 μ , e si dirigono anteriormente o antero-lateralmente, isolati o riuniti a piccoli

(1) Sono state anche descritte in vari vertebrati fibre sensitive che, originate da cellule ganglionari, penetrerebbero nella midolla con le radici anteriori; però nell'uomo non vennero mai osservate.

gruppi, e passano in tal guisa dalla colonna anteriore nel cordone omonimo (fig. 164). Qui si rivestono di mielina e si incrociano con le fibre dei cordoni anteriori per recarsi verso la rispettiva area radicolare. Talvolta fibre radicolari provengono dalla colonna del lato opposto, incrociandosi nella commessura anteriore; sono però scarse. Raramente si osservano neuriti con decorso aberrante che cioè prima volgono verso la colonna posteriore e poi, senza averla raggiunta o dopo averla raggiunta, si piegano ad ansa e volgono verso la radice anteriore. Durante il loro cammino i neuriti ed anche le fibre radicolari che ad essi fanno seguito, possono emettere delle collaterali; è raro vederle nell'adulto, mentre si vedono frequentemente nel feto; esse terminano nella corrispondente colonna anteriore.

Nei cordoni anteriori le fibre radicolari risentono della obliquità che presentano poi dopo essere uscite dalla midolla; infatti le fibre delle radici cervicali sono esattamente trasversali, quelle delle radici lombari e sacrali sono un po' oblique inferiormente.

Dalla colonna anteriore all'area radicolare rispettiva i fascetti di fibre delle radici anteriori non decorrono rettilinee, ma costituiscono una curva a convessità antero-mediale; le fibre che escono dallo spigolo laterale delle colonne possono essere rettilinee.

La mielinizzazione di queste fibre comincia al 7^o mese di vita fetale; alla nascita sono tutte mielinizzate nei rigonfiamenti e quasi tutte mielinizzate nella porzione toracica della midolla.

Il calibro delle fibre radicolari anteriori è piuttosto notevole (in media hanno un diametro di 18-20 μ); sono quindi fibre grosse. Mescolate tra esse se ne trovano però anche di molto sottili, e più nelle radici toraciche. Il calibro delle fibre radicolari è direttamente proporzionale alla lunghezza del nervo periferico (G. Schwalbe).

Nello studiare la struttura fondamentale del sistema nervoso (pg. 123) e meglio ancora nell'esaminare la struttura della sostanza grigia interna della midolla spinale (pg. 195), abbiamo a lungo insistito sulla divisione delle cellule radicolari in somatiche ed in viscerali, asserendo che i neuriti delle prime vanno ai muscoli volontari e quelli delle seconde (fibre preganglionari) ai gangli simpatici, nei quali originano nuove fibre (fibre postganglionari) che si distribuiscono ai muscoli involontari. Ora dobbiamo aggiungere che (almeno fino ad oggi) non si può dire quali tra le fibre delle radici anteriori siano somatiche e quali siano viscerali.

Se tuttavia non possiamo ancora distinguere le fibre delle due specie nelle radici, noi sappiamo però che le loro cellule di origine costituiscono nella midolla dei gruppi separati (cfr. a pg. 195-196), e potremo chiamare *centro somatico* l'insieme di tutte le cellule radicolari somatiche e *centro viscerale o simpatico* l'insieme di tutte le cellule radicolari viscerali. Esaminiamo allora separatamente come si comportano questi due grandi centri rispetto alle fibre radicolari che da essi emanano.

I. Centro somatico — *Ogni radice anteriore non si distribuisce ad un solo muscolo, ma ad un gruppo di muscoli, i quali non costituiscono degli aggruppamenti con base anatomica (embriologica), ma degli aggruppamenti con base fisiologica*; infatti le indagini sperimentali dimostrano che le singole radici anteriori si distribuiscono a quei gruppi di muscoli che entrano contemporaneamente in funzione per compiere un determinato movimento complesso. Così ad es. la stimolazione delle radici anteriori o delle fibre motrici del VI nervo cervicale fa portare nelle scimmie la mano del medesimo lato verso la bocca; la stimolazione delle fibre motrici dello VIII nervo cervicale fa portare la mano dello stesso lato verso l'angolo; la stimolazione delle fibre motrici del I nervo toracico fa compiere all'arto superiore del lato stimolato il movimento di raccogliere un oggetto (Ferrier e Yeo). Ora questi gruppi muscolari innervati da una stessa radice non provengono da uno stesso miotomo, ma da vari miotomi.

Un determinato muscolo di regola riceve rami da varie radici; questo fatto si verifica specialmente in quei muscoli che provengono da vari miotomi (come ad es. il retto addominale, gli obliqui addominali, ecc.); però la molteplice innervazione radicolare può anche essere indipendente da questo fatto e può dipendere da spostamenti che il muscolo subisce nell'organismo in seguito al suo sviluppo (così il trapezio in origine è innervato dal solo nervo spinale e poi viene anche innervato da rami del plesso cervicale). Per conseguenza si deve anche ritenere che ogni muscolo è in rapporto con vari segmenti midollari, fatto che già J. Müller e Deen da gran tempo avevano osservato nei muscoli degli arti nella rana. Negli arti si osserva una innervazione bisegmentale ed anche trisegmentale per ogni muscolo (Sherrington); le sezioni distali degli arti presentano muscoli con innervazione più complessa rispetto al numero delle radici di quello che siano le sezioni prossimali. Una tra le radici provvede più delle altre al-

l'innervazione di un determinato muscolo. Come conseguenza di quanto ora abbiamo veduto ne deriva che *una stessa radice anteriore serve a funzioni diverse*.

Una grande quantità di osservazioni fatte in questi ultimi anni nell'uomo in seguito a lesioni accidentali e nei mammiferi in seguito a stimolazione od a recisione delle radici anteriori ha permesso di determinare la innervazione dei vari muscoli; essa corrisponde in termini generali alla localizzazione dei centri dei singoli muscoli nei vari segmenti midollari. Gli autori si sono studiati di determinare i gruppi di cellule radicolari che danno origine alle fibre che vanno ad ogni singolo muscolo. Nello studiare le cellule radicolari somatiche delle colonne anteriori abbiamo veduto che esse non sono irregolarmente distribuite, ma costituiscono dei gruppi cellulari (pg. 207-208); l'esame di sezioni di midolla spinale fatte in serie ci ha portati a constatare che questi gruppi sono situati l'uno di seguito all'altro, in guisa da costituire delle *colonnine longitudinali di cellule radicolari somatiche*, varie per numero nelle diverse regioni della midolla. Si ritiene da tutti i ricercatori che questa suddivisione delle cellule costituenti l'origine reale delle radici anteriori corrisponda ad un differenziamento anatomico del centro motore somatico della midolla spinale in centri secondari; variano però le opinioni quando si tratta di determinare il valore di questi centri secondari. Alcuni autori infatti (Marinesco, Sano, ecc.) ritengono che ogni colonnina cellulare sia costituita da numerosi piccoli gruppi di cellule, distinti l'uno dall'altro e rappresentanti i centri d'innervazione dei singoli muscoli (*localizzazione muscolare*); in realtà però questi gruppi che costituirebbero i nuclei motori di ogni muscolo non sono distinguibili. Altri autori (Van Gehuchten, Nelis, De Neef, ecc.) credono invece che ogni colonna cellulare sia il centro d'innervazione dei muscoli provenienti da un determinato miomero (*localizzazione segmentaria*); così ad es. nel rigonfiamento cervicale e nel rigonfiamento lombare si troverebbero tre distinte colonne cellulari corrispondenti ai tre principali miomeri che formano la muscolatura dell'arto superiore e dell'arto inferiore. Infine vi sono autori (Parhon, Popesco, Goldstein, ecc.) i quali sostengono che ogni colonna cellulare costituisce il nucleo comune di innervazione per tutti i muscoli di un segmento che concorrono a compiere un determinato movimento (*localizzazione funzionale*); così vi sarebbe ad esempio un gruppo di cel-

lule per la flessione delle dita della mano ed uno per la estensione. Questa teoria, che è basata su molte osservazioni fatte anche nell'uomo, è quella che merita la maggiore attenzione, essendo la più attendibile e la più ricca di conseguenze pratiche: siccome poi frequentemente i muscoli destinati a compiere un determinato movimento complesso (flessori delle dita, estensori, ecc.) sono innervati da un medesimo nervo periferico, in tal caso i centri midollari funzionali sono anche i centri di questo nervo.

Le indagini sperimentali nei mammiferi e le osservazioni dei casi clinici nell'uomo per ora ci permettono di dire con sicurezza solamente che *cellule radicolari somatiche dei singoli segmenti della midolla innervano determinati muscoli*; non sappiamo ancora quali gruppi di tali cellule provvedano alla innervazione di un muscolo e quali a quella di un altro. Le seguente tabella, che ho desunta dalle indagini dei più recenti autori (Edinger, Starr, Bolk, Goldstein, Gierlich, Bruce, Flatau) indica la localizzazione dei centri muscolari somatici nei vari segmenti della midolla:

Muscoli dell'asse del corpo (1)

I. - Muscoli del dorso

a) Muscoli spino appendicolari

M. trapezio.	C ₂₋₄
» grande dorsale	C ₆₋₈
» romboide.	C ₃₋₅
» elevatore della scapola	C ₃₋₅

b) Muscoli spino-costali

» dentato posteriore inferiore	T ₃₋₆
» dentato posteriore superiore	T ₁₋₄

c) Muscoli spino-dorsali

» splenio del capo e del collo	C ₂₋₆
» sacro spinale (m. ileo-costale, m. lunghissimo)	C ₁ - L ₁₋₂
» spinale.	C ₁₋₅ T ₂ - L ₁
» trasversario-spinoso	
m. semispinale	C ₂ - T ₁₂

(1) Per le denominazioni e l'aggruppamento dei muscoli ho seguito la Nomenclatura di Basilea. Le lettere indicano la specie del segmento midollare, i numeri arabi il numero del segmento stesso; così ad es. C₈ indica il segmento cervicale ottavo, L₅ il segmento lombare quinto.

m. multifido	C ₂ - S ₃
» rotatori	C ₃ - L ₅
Mm. interspinosi	C ₃ - L ₅
» intertrasversari	C ₂ - L ₅
» elevatori delle coste	C ₈ - T ₁₁
M. sacro-coccigeo posteriore	S ₃₋₅ + Cocc.
» grande retto posteriore della testa	C ₁₋₂
» piccolo retto posteriore della testa	C ₁
» obliquo superiore della testa	C ₁
» obliquo inferiore della testa	C ₂

II - Muscoli della testa e del collo

a) Muscoli pellicciai

Mm. pellicciai della testa (sono innervati da nervi encefalici: vedi a questi).

M. pellicciaio del collo (platisma) C₃

b) Muscoli scheletrici

Mm. della mandibola (sono innervati da nervi encefalici: vedi a questi).

M. sterno-cleido-mastoideo C₂₋₃

Mm. sopraioidei (sono innervati da nervi encefalici: vedi a questi).

M. sternoioideo C₁₋₃

» omoioideo C₁₋₃

» sternotiroideo C₁₋₄

» tiroioideo C₁₋₂

» lungo del collo C₃₋₈

» lungo della testa C₁₋₄

» retto anteriore della testa C₁

» retto laterale della testa C₁

» scaleno anteriore C₄₋

» scaleno medio C₂₋₈

» scaleno posteriore C₅₋₈

III. - Muscoli del torace

a) Muscoli toraco-appendicolari

M. grande pettorale C₅₋₈

» piccolo pettorale C₇₋₈

» succlavio C₅₋₆

» dentato anteriore C₅₋₇

b) Muscoli intrinseci del torace

Mm. intercostali	T_{2-11}
» sottocostali	T_{2-11}
M. trasverso del torace	T_{3-4}
» diaframma	C_{3-5}

IV. - Muscoli della parete addominale

a) Muscoli addominali anteriori

M. retto dell'addome	T_{5-12}
» piramidale	$T_{12} - L_1$
» obliquo esterno	T_{5-12}
» obliquo interno	$T_9 - L_1$
» cremastere	$L_1 - 2$
» trasverso dell'addome	$T_7 - L_1$

b) Muscoli addominali posteriori

M. quadrato dei lombi	$T_{12} - L_4$
---------------------------------	----------------

Muscoli dell'estremità toraciche

I. Muscoli della spalla

M. deltoideo	C_{5-6}
» sottoscapolare	C_{5-6}
» sopraspinato	C_5
» infraspinato	C_{5-6}
» piccolo rotondo	C_5
» grande rotondo	C_{5-6}

II. - Muscoli del braccio

M. bicipite.	C_{5-6}
» coraco-brachiale.	C_{6-7}
» brachiale	C_{5-6}
» tricipite.	C_{6-7}
» anconeo	C_7

III. - Muscoli dell'avambraccio

a) *Muscoli anteriori*

M. pronatore rotondo	C ₆₋₇
Mm. flessori del carpo	C ₆ - T ₁
M. palmare lungo	C ₈
Mm. flessori delle dita	C ₇ - T ₄
M. flessore del pollice	C ₆₋₇
» pronatore quadrato	C ₆ - T ₄

b) *Muscoli esterni*

M. brachio-radiale	C ₅₋₆
Mm. estensori radiali del carpo	C ₆₋₇

c) *Muscoli posteriori*

M. estensore comune delle dita	C ₆₋₈
» estensore del mignolo	C ₇₋₈
» estensore ulnare del carpo	C ₇₋₈
» supinatore	C ₅₋₇
» abduttore lungo del pollice	C ₆₋₇
Mm. estensori del pollice	C ₆₋₇
M. estensore dell'indice	C ₆₋₈

IV. - Muscoli della mano

Mm. dell'eminenza tenar	C ₆₋₇
» dell'eminenza ipotenar	C ₈ - T ₁
» palmari.	C ₇ - T ₄

Muscoli delle estremità addominali

I. - Muscoli dell'anca

M. psoas-iliaco	L ₁₋₄
Mm. glutei	L ₄ - S ₁
M. tensore della fascia lata	L ₄₋₅
» piriforme	S ₄₋₂
» otturatore interno	L ₅ - S ₂
» quadrato del femore	L ₄ - S ₁
Mm. gemelli	L ₂₋₃

II. ~ Muscoli della coscia

Mm. anteriori (sartorio, quadricipite)	$L_2 - 4$
M. pettineo	$L_2 - 3$
» lungo adduttore	$L_2 - 3$
» gracile	$L_2 - 4$
» breve adduttore	$L_2 - 4$
» grande adduttore	$L_3 - 4$
» otturatore esterno	$L_3 - 4$
Mm. posteriori (bicipite, semitend., semimembr.) .	$L_4 - S_1$

III. ~ Muscoli della gamba

Mm. anteriori (tibiale anter., estensore lungo d. dita, peroniero anter., estens. lungo dell'alluce) . . .	$L_4 - S_1$
» laterali (peroniero lungo, peron. breve) . . .	$L_5 - S_1$
» posteriori (tricipite della sura, plantare, popliteo, flessore lungo d. dita, tib. poster., fless. lungo d. alluce)	$L_4 - S_2$

IV ~ Muscoli del piede

Mm. dorsali	$L_4 - S_1$
» del margine mediale (abduitt. ed addutt. d. alluce, flessore breve d. alluce)	$L_5 - S_2$
» del margine laterale (abduitt., fless. ed oppon. del V dito	$S_1 - 2$
» plantari medi	$S_1 - 2$

II. *Centro viscerale* — Abbiamo veduto (pg. 209 e fig. 128) le cellule radicolari viscerali situate nella massima parte della midolla spinale costituendo delle colonne più o meno lunghe, che in ogni metà laterale della midolla stessa abbiamo distinto coi nomi di *nucleo viscerale laterale inferiore* e di *nucleo viscerale mediale*. È ancora incerta la suddivisione di tali nuclei anatomici. La contrazione dei muscoli lisci, da essi dipendente, si manifesta come contrazione della muscolatura liscia della pelle (mm. vasocostrittori e vasodilatatori cutanei, mm. erettori dei peli), come contrazione delle cellule a paniere delle glandule sudorifere (sudorazione) e come contrazione dei muscoli lisci dei visceri. Non sappiamo se ad ognuno dei nuclei anatomici sopra ricordati corrisponda una speciale contrazione muscolare,

nè sappiamo se essi siano suddivisibili in nuclei secondari che innervano un particolare gruppo di fibre muscolari lisce. Studiando la origine reale delle radici posteriori impareremo come queste abbiano una distribuzione cutanea metamerica o segmentale in una grande parte del corpo; or bene, i metameri cutanei sensitivi non corrispondono a quanto pare all'innervazione cutanea vaso-motrice e pilomotrice. Però le indagini sperimentali nei mammiferi e l'osservazione di casi clinici nell'uomo ci hanno già condotti ad una suddivisione dei nuclei radicolari viscerali in tratti corrispondenti ad uno od a più segmenti della midolla spinale, i quali tratti danno origine a fibre preganglionari che provvedono all'innervazione motrice di determinate zone della muscolatura involontaria.

Riguardo all'innervazione dei muscoli lisci superficiali, si hanno i seguenti centri (Langley):

Mm. vasomotori dell'occhio	{	$T_4 - 3$ (nel gatto).
	{	$C_8 - T_4$ (nell'uomo).
» » della pelle e delle mucose della testa		$T_1 - 5$ (nel gatto, nel cane, nel coniglio)
» » della pelle del dorso.		$T_2 - 12$ (nel coniglio)
» » delle regioni pudendali		$T_{13} - L_4$ (nel gatto)
» » dell'ano, del retto, dei genitali esterni, della vescica urin., dell'uretra		$S_2 - 4$ (nel gatto)
» » degli arti toracici.		$T_4 - 10$
» » degli arti addominali		$T_{11} - L_4$ (?)

È interessante il notare che i muscoli vasomotori dell'occhio sono sotto la dipendenza di un nucleo midollare; importanti considerazioni pratiche derivano da questo fatto.

I centri che innervano i muscoli erettori dei peli sono conosciuti per la testa e per il dorso; si trovano in segmenti uguali a quelli dai quali originano i nervi vasomotori.

Per quello che concerne la origine delle fibre radicolari anteriori che con l'intermezzo del simpatico agiscono sulla sudorazione, si sa molto poco; vi sono autori che per esse negano perfino l'esistenza di un centro midollare ed ammettono solo un centro mielencefalico (Nawrochi, Vulpian, Luchsinger, ecc.); però i più ammettono anche un centro midollare e lo Schlesinger (1900) lo suddivide in una porzione facciale, in una porzione per

gli arti toracici, in una per la metà superiore del tronco, per il collo, per la nuca e pel cuoio capelluto ed in una per gli arti addominali.

Riguardo all'innervazione motrice dei visceri si ammette la seguente localizzazione delle cellule radicolari (Head, 1898):

Cuore	C_{3-4} T_{2-8}	Rene ed Uretra	$T_{10} - L_1$
Polmoni	C_{3-4} T_{3-9}	Utero (corpo)	$T_{10} - L_1$
Stomaco	C_4 T_{7-9}	Prostata	T_{10-12}
Fegato	C_{3-4} T_{7-10}	Epididimo	T_{11-12}
Mammelle	T_{4-5}	Annessi	$T_{11} - L_1$
Cistifellea	T_{8-9}	Vescica (detrusore)	$T_{11} - L_2$
Intestino	T_{9-12}	Utero (collo)	S_{2-4}
Testicolo	T_{10}	Retto	S_{2-4}
Ovaia	T_{10}	Vescica (mucosa e collo)	S_{3-4}

In questa tabella ha speciale interesse il fatto che i segmenti midollari che presiedono all'innervazione delle glandule genitali sono separati e lontani da quelli del retto e della vescica; così possiamo interpretare molti fatti clinici.

Radici posteriori — Le radici posteriori hanno la loro origine reale nelle cellule dei gangli spinali; si ammette da qualche autore che contengano anche alcune fibre endogene, originate nelle cellule radicolari delle colonne anteriori, che uscirebbero dalla midolla spinale per mezzo delle radici posteriori, ma nell'uomo tali fibre non vennero ancora osservate (1).

Non fa parte dell'anatomia del sistema nervoso centrale lo studio dei gangli spinali; ci limiteremo solo ad accennare come le cellule ganglionari siano di varie specie (fig. 145), cioè per la massima parte siano cellule a T (b) ossia munite di due prolungamenti uno dei quali volge verso la periferia e si distribuisce nelle pareti del corpo e l'altro penetra nella midolla spinale; in parte siano cellule munite di un solo prolungamento (c) che contribuisce a formare la radice posteriore terminando nella midolla; in parte (f) siano cellule axoramificate o cellule con neurite molto breve, interposte tra le precedenti: in alcuni vertebrati furono anche osservate cellule con solo neurite periferico, in rapporto

(1) Esistono certamente in altri cranioti, come vedremo meglio nel trattare della anatomia comparata della midolla spinale.

con terminazioni di fibre provenienti dalla midolla spinale (a: Babes, Kremnitzer), ma nell'uomo non sono state osservate in modo da togliere ogni dubbio sulla loro presenza. Da ciò risulta che per ora è sicuro che le radici posteriori sono formate dal neurite centrale delle cellule a T e dai neuriti delle cellule che hanno un solo prolungamento. Questi neuriti, divenuti cilindrassi di fibre nervose complete, dopo essere entrati nella midolla in corrispondenza dell'origine apparente, si comportano in vario modo, come già estesamente abbiamo veduto (pg. 239 e seg.); fondamentalmente si può dire che si dividono a T in un ramo ascendente ed in uno discendente e che questi terminano o nell'encefalo o nella sostanza grigia della midolla; e gli ultimi vanno o nelle colonne posteriori o nelle colonne anteriori. Questi permettono i movimenti riflessi, quelli terminano tra cellule dalle quali originano le vie sensitive di 2.o ordine (cfr. pg. 259).

Le radici posteriori nel penetrare nella midolla perdono il nevrilemma e conservano la sola guaina mielinica; attraversano allora lo strato corticale grigio, inspessito in corrispondenza dell'area radicolare (pg. 166), conservandosi riunite in fascetti. La nevroglia di questo strato nella porzione lombare della midolla e specialmente nella sacrale sporge entro alle radici posteriori, le quali quindi perdono il nevrilemma ancora prima di raggiungere la superficie midollare (E. Levi, Lhermitte e Klarfeld).

In corrispondenza della loro penetrazione le fibre radicolari posteriori hanno vario calibro (da 8 μ a 24 μ) e si possono distinguere in grosse ed in piccole; nel rigonfiamento cervicale le fibre grosse stanno alle piccole come 20 : 21, nella porzione toracica come 5 : 7, nella porzione lombare come 9 : 8, nella sacrale come 3 : 4 e nelle radici posteriori del nervo coccigeo come 14 : 17 (Ziehen). Le fibre fini sono per lo più le laterali e vanno nella zona marginale (del Lissauer).

La mielinizzazione delle fibre radicolari posteriori è un po' più tardiva di quella delle anteriori: alla nascita le fibre dei rigonfiamenti sono in parte ancora amieliniche e quelle della porzione toracica lo sono in gran parte.

Lungo il tragitto delle radici posteriori ed anche dopo la loro penetrazione nella midolla si possono trovare cellule ganglionari aberranti.

Le cellule delle colonne posteriori tra le quali terminano le fibre delle radici posteriori, ne formano i *nuclei terminali midollari*

(vedremo in seguito che i rami ascendenti lunghi delle fibre radicolari terminano in nuclei encefalici).

Riguardo al significato delle varie vie che nella midolla spinale derivano dalle radici posteriori (vie di 1° ordine e vie di 2° ordine) abbiamo già accennato come le vie di 1° ordine servano a trasmettere il senso muscolare e quello tattile, quelle di 2° ordine trasmettano invece le sensibilità termica e dolorifica (pg. 259); i nuclei terminali midollari sarebbero per ciò i *centri midollari* di queste due ultime sensibilità.

Le indagini sperimentali dimostrano che le fibre che conducono la sensibilità cutanea (termica e dolorosa) si incrociano dopo la loro penetrazione nella midolla; le indagini anatomiche ci insegnano che gli elementi che s'incrociano non sono le fibre radicolari posteriori od i loro rami, ma sono piuttosto i neuriti che originano dai nuclei terminali. L'incrocciamento avviene perchè questi neuriti attraversano la commessura bianca anteriore e la commessura intracentrale anteriore.

Essendo stato ormai assodato che i nuclei terminali sensitivi della midolla spinale raccolgono dalle fibre delle radici posteriori le impressioni cutanee, si è cercato se questi nuclei avessero una disposizione metamerica, corrispondessero cioè alla metameria che si osserva nelle radici posteriori. Le indagini fatte negli animali e le osservazioni di casi clinici hanno condotto alla constatazione che i *nuclei intramidollari cutanei fisiologicamente hanno una disposizione metamerica; invece anatomicamente tale disposizione non è dimostrabile*. La metameria fisiologica di tali nuclei corrisponde alla divisione artificiale della midolla spinale in segmenti; potremo quindi asserire che *ad ogni segmento radicolare corrisponde un centro sensitivo cutaneo*. Stabilito questo principio, si è cercato allora se la segmentazione midollare dei centri cutanei corrispondesse alla segmentazione della cute (dermatomeria), come si è fatto per i muscoli nei quali abbiamo ricercato se i centri motori fossero formati da centri secondari per i singoli muscoli o per i singoli gruppi muscolari, e si trovato che *i segmenti midollari corrispondono ai dermatomeri*. Ma noi abbiamo già veduto (pg. 266) che veri dermatomeri si hanno solo nel tronco, mentre negli arti si trovano delle *zone cutanee*, separate da *linee assili*; anche sotto questo punto di vista la divisione della midolla in segmenti radicolari corrisponde alla divisione metamerica, perchè le singole zone cutanee degli arti sono connesse a quei segmenti

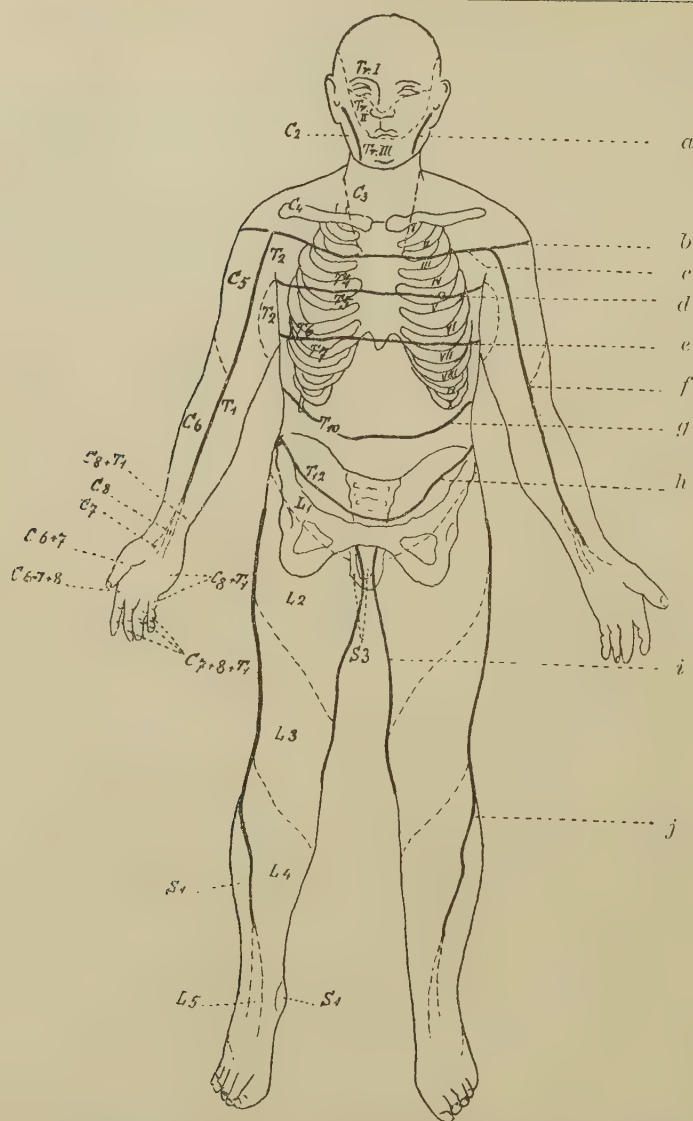


Fig. 165 — Dermatomeri e zone di innervazione, principali linee semeiologiche di riferimento e linee assili degli arti nella faccia anteriore del corpo secondo il Flatau. — I dermatomeri e le zone sono indicate col numero, del segmento radicolare corrispondente (*C2*, zona che ha il suo centro midollare nel II segmento radicolare cervicale; *T10*, zona che ha il suo centro midollare nel X segmento radicolare toracico, ecc.). — Le linee semeiologiche ed assili sono in nero intenso. — *a*, linea parieto-auricolo-mandibolare; *b*, linea cervico-brachiale; *c*, linea cervico-toracica; *d*, linea intermamillare; *e*, linea xifoidea; *f*, linea assile anteriore dell'arto superiore; *g*, linea ombelicale; *h*, linea dorso-iliaca; *i*, linea assile mediale dell'arto inferiore; *j*, linea assile laterale dell'arto inferiore.

midollari da cui originano i nervi per il dermatomero che ha prodotto ognuna delle zone suddette. Le figg. 165-166 indicano il

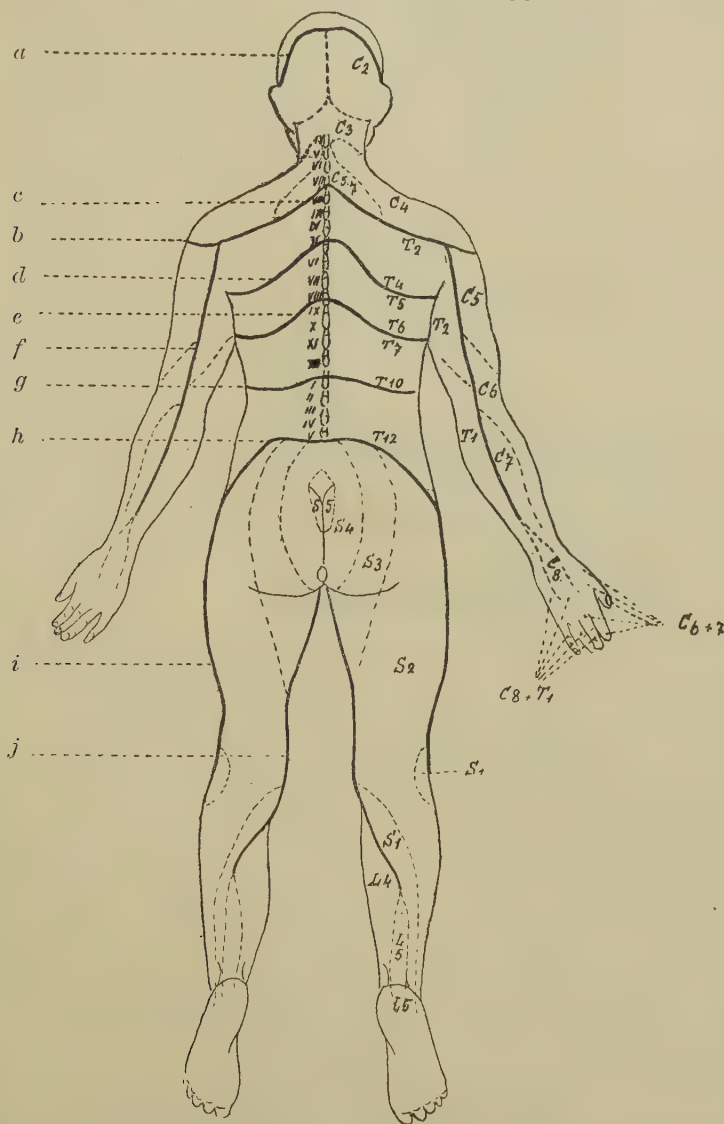


Fig. 166 — Zone di innervazione e linee semeiologiche ed assili nella faccia posteriore del corpo (secondo il Flatau). — Stesse indicazioni della figura precedente.

decorso dei dermatomeri, quei loro limiti che più spesso si riscontrano nelle lesioni midollari, le linee assili con le zone degli arti e i segmenti midollari che contengono i centri cutanei corrispondenti.

Lo Sherrington, in base a profonde indagini sperimentali, ha osservato che la recisione di una sola radice posteriore non è sufficiente per determinare la perdita della sensibilità cutanea nel dermatomero o nella zona corrispondente al segmento midollare da cui la radice deriva; occorre sezionare più di una radice per ottenere questo risultato. Queste indagini hanno condotto alla dimostrazione che le aree di distribuzione delle singole radici nei dermatomeri non corrispondono ai limiti di questi, ma si sovrappongono, e che da ogni dermatomero si dipartono fibre sensitive che per la massima parte vanno al segmento midollare corrispondente ed in parte minore ai segmenti midollari situati immediatamente sopra e sotto al primo (fig. 167). Così ad

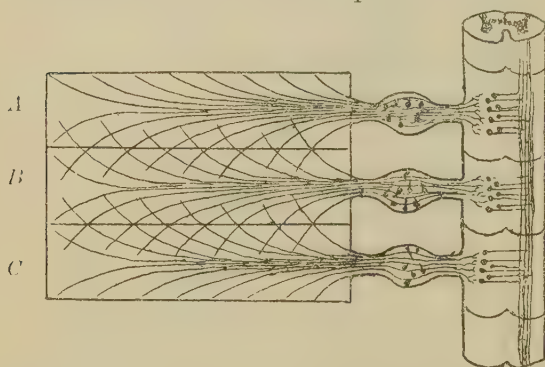


Fig. 167 — Sovrapposizione delle aree cutanee innervate dalle radici posteriori (Schema). — In *a, b, c*, sono indicati tre segmenti radicolari, le cui radici si distribuiscono ai dermatomeri *A, B, C*; ogni radice si espande precipuamente nel dermatomero corrispondente, ma invade anche i dermatomeri vicini ad esso.

es. se noi immaginiamo di considerare tre segmenti midollari (fig. 167, *a, b* e *c*) nei quali terminino tre radici posteriori in corrispondenza dei relativi nuclei terminali ed esaminiamo quali rapporti essi prendono coi dermatomeri corrispondenti *A, B* e *C*, vediamo che le fibre del dermatomero

intermedio *B* per la massima parte vanno al segmento midollare corrispondente *b* ed in piccola parte ai segmenti vicini *a* e *c*. Quindi sezionando nel vivente la midolla spinale, il limite superiore della anestesia cutanea conseguente si trova sotto al dermatomero immediatamente inferiore a quello corrispondente alla lesione.

La localizzazione della sensibilità cutanea e quella della mobilità somatica nei vari segmenti midollari ci permettono ora di stabilire *a priori* in quali segmenti della midolla si trovano le fibre sensitive e le cellule radicolari che permettono i vari atti riflessi; le indagini sperimentali e cliniche hanno pienamente confermato i dati anatomici. La *localizzazione dei riflessi*, come si in-

dica la determinazione dei segmenti midollari dei riflessi, avviene nel modo che segue:

Riflesso nuco-pupillare ⁽¹⁾	C ₄ - 7	Riflesso bicipitale brach.	C ₅ - 6
» epigastrico	T ₄ - 8	» tricipitale brach.	C ₆
» addominale	T ₉ - 12	» palmare	C ₇ - T ₁
» cremasterico	L ₁ - 2	» gluteo	L ₄ - 5
» anale	S ₅ - Cocc.	» patellare	L ₂ - 4
» scapolare	C ₅ - T ₁	» del tendine di Achille	L ₅

§ 5

Vasi sanguiferi

La midolla spinale, come tutto il sistema nervoso centrale (cfr. a pg. 130), ha una ricca vascolarizzazione sanguifera. Studiamo separatamente come si comportano in quest'organo le *arterie*, i *capillari* e le *vene*. (2)

I. - Arterie

Le arterie della midolla spinale provengono per tutta la lunghezza dell'organo dalle arterie somatiche più vicine e per la massima parte hanno disposizione segmentaria; penetrano infatti nel canale vertebrale attraverso ai fori di coniugazione e si distribuiscono alla midolla seguendo il decorso delle radici nervose. La disposizione che deve riguardarsi come tipica delle arterie penetranti nel canale vertebrale è quella dimostrata dall'anatomia comparata e dall'embriologia (Sterzi, 1904) e che è riprodotta nella fig. 168.

Dalle arterie più prossime ai fori di coniugazione, cioè dalle aa. vertebrali per i primi 6 fori di coniugazione cervicali, dalle aa. cervicali ascendenti per il 7° ed 8° foro, dalle aa. toraciche, dalle aa. lombari e dalle aa. sacrali laterali per le porzioni omonime della colonna vertebrale, si distaccano rami abbastanza cospicui,

(1) Dilatazione della pupilla per stimolazione sensitiva dalla nuca.

(2) Nella seguente descrizione mi sono attenuto ai risultati delle mie ricerche (1904) fatte nelle varie classi dei vertebrati e nell'uomo; ad esse rimando il Lettore desideroso di notizie più dettagliate.

ciascuno dei quali penetra nel corrispondente foro di coniugazione; sono le *arterie vertebro-midollari*. Pentrate nel canale vertebrale esse emettono dei rami, che in generale sono in numero di due, uno anteriore e l'altro posteriore, e che hanno il nome di *aa. dell'endorachide* perchè si distribuiscono al periostio del ca-

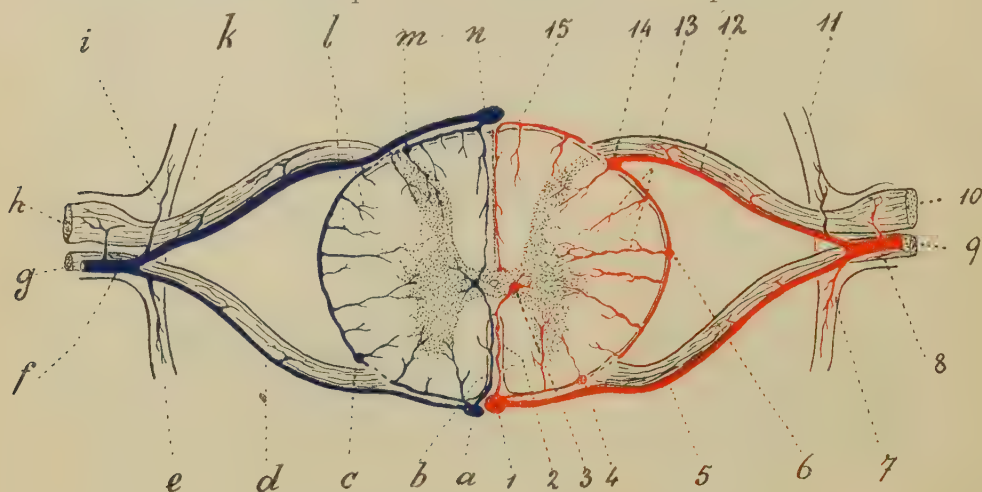


Fig. 168 — Vascolarizzazione della midolla spinale (Schema). — I numeri indicano le arterie nel modo seguente: 1, tratto anteriore; 2, a. centrale; 3, sua divisione a T; 4, tratto antero-laterale; 5, a. radicolare anteriore; 6, tratto laterale; 7, aa. della dura madre; 8, a. midollare; 9, radice anteriore; 10, radice posteriore e ganglio spinale; 11, dura madre; 12, a. radicolare posteriore; 13, aa. periferiche; 14, tratto postero-laterale; 15, a. del solco posteriore. — Le lettere indicano le vene nel modo seguente: a, tratto anteriore; b, v. centrale; c, tratto antero-laterale; d, v. radicolare anteriore; e, dura madre; f, v. midollare; g, radice anteriore; h, radice posteriore e ganglio spinale; i, v. della dura madre; k, v. radicolare posteriore; l, vv. periferiche; m, tratto postero-laterale; n, tratto posteriore.

nale vertebrale. Dopo ciò il tronco prende il nome di *a. midollare* (fig. 168, 8); esso, accompagnandosi al nervo spinale, prima di raggiungere la dura madre termina dividendosi in due rami, uno anteriore (5) e l'altro posteriore (12) che si accompagnano alle radici omonime e per ciò meritano rispettivamente il nome di *a. radicolare anteriore* e di *a. radicolare posteriore*. Nell'attraversare la dura madre (11) ciascuno di essi abbandona alcune piccole diramazioni che si distribuiscono in questa meninge.

L'*a. radicolare anteriore* (5) decorre sulla faccia anteriore della radice, a cui durante il tragitto invia ramuscoli; quindi attraversa la faccia anteriore della midolla e, giunta in prossimità della fessura midollare, termina dividendosi in due rami, uno ascen-

dente e l'altro discendente (fig. 169); questi decorrono longitudinali e si avvicinano poco a poco alla fessura suddetta, in modo che già nel segmento radicolare che li contiene, si fondono coi rami dell'arteria radicolare anteriore corrispondente del lato opposto, costituendo un solo tronco impari e mediano (fig. 169). In tal modo alla terminazione delle arterie radicolari anteriori si costituiscono delle maglie quadrangolari, chiamate *circoli arteriosi* (fig. 169), le quali sono riunite tra loro per mezzo di tronchi impari. Da questi e dai circoli arteriosi originano le arteriole che provvedono alla nutrizione delle sostanza nervosa.

L'*a. radicolare posteriore* (fig. 168, 12) decorre sulla faccia anteriore della radice corrispondente, dà anch'essa rami alla dura madre ed alla radice e termina in corrispondenza della linea pararadicolare postero-laterale dividendosi in un ramo ascendente ed in un ramo discendente; il primo si inoscula col ramo discendente della *a. radicolare* del segmento midollare immediatamente superiore, ed il ramo discendente si inoscula con il ramo ascendente dell'*a. radicolare* del segmento immediatamente inferiore; in tal guisa si costituiscono due catene anastomotiche pari e simmetriche, situate in corrispondenza delle linee pararadicolari postero-laterali, che hanno il nome di *tratti arteriosi postero-laterali* (fig. 168, 14).

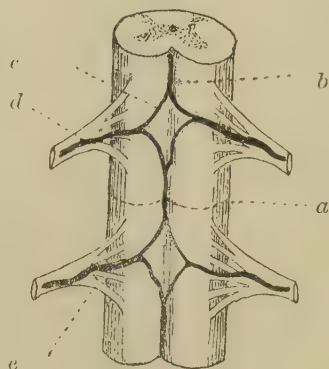


Fig. 169 — Angiomero midollare veduto dalla faccia anteriore della midolla (Schema). — *a*, limite tra due segmenti radicolari successivi; *b*, tratto arterioso anteriore; *c*, circolo arterioso; *d*, *a. radicolare anteriore*; *e*, radice anteriore.

La *disposizione tipica ora descritta si osserva solo eccezionalmente in qualche segmento radicolare*. Infatti le *aa. radicolari* non hanno uguale sviluppo; per la maggior parte sono molto sottili e si esauriscono nella radice o sulla midolla appena raggiuntane la superficie; questo fatto si verifica più per le *aa. radicolari anteriori* che per le posteriori. Tra le *aa. radicolari* che raggiungono la midolla, alcune acquistano grande calibro; tra queste le più notevoli sono le *aa. radicolari anteriori 1°*, che diventano così grosse da formare la continuazione diretta del tronco delle *aa. vertebrali* (fig. 170), prendendone il nome (Sterzi, 1904); viene poi per ordine di calibro la *grande arteria radicolare ante-*

riore (fig. 171, *f*) che per lo più trovasi solo a sinistra e corri-

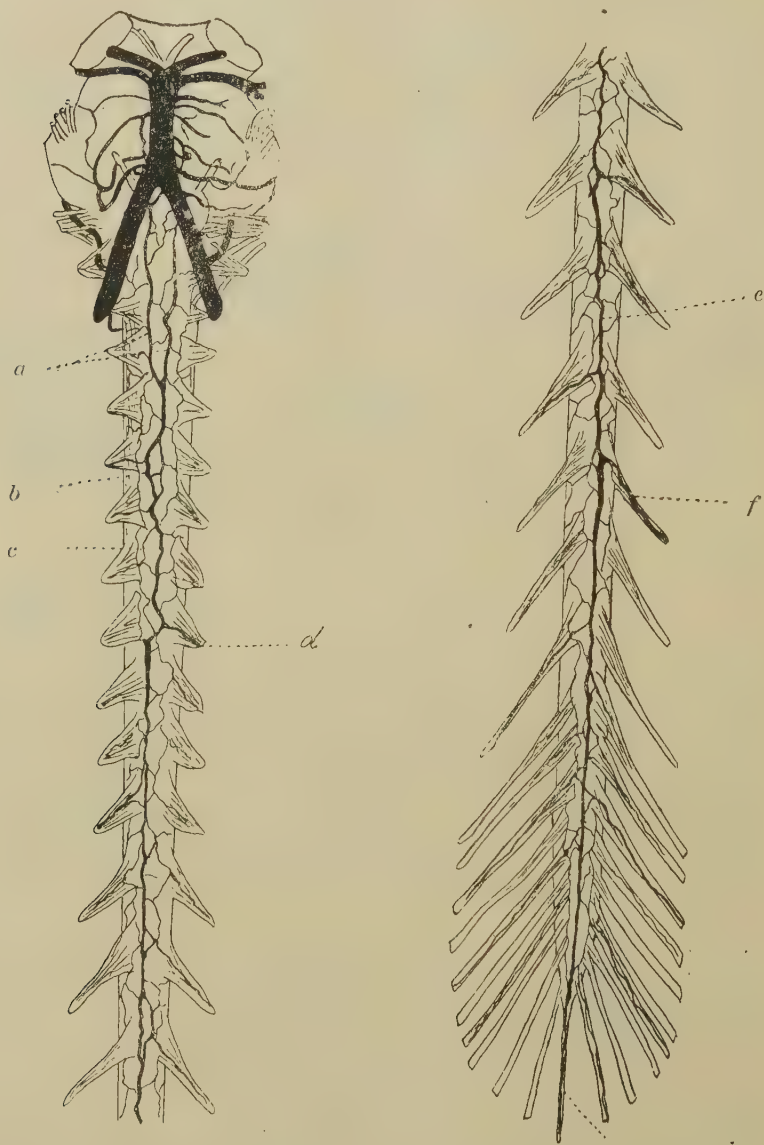


Fig. 170-171 — Le principali arterie della faccia anteriore della midolla spinale (Semischematica). — *a*, circolo arterioso I; *b*, altro circolo arterioso; *c*, tratto antero-laterale; *d*, a. radicolare anteriore molto sviluppata; *e*, tratto anteriore; *f*, grande arteria radicolare anteriore; *g*, a. terminale.

sponde ad una delle aa. radicolari anteriori compresa tra il IX

paio di radici toraciche ed il II paio lombare; infine assai grossa è anche una delle aa. radicolari anteriori in corrispondenza delle ultime radici cervicali o delle prime toraciche (fig. 170, *d*). Invece di 62 aa. radicolari anteriori (31 per lato) come dovrebbero essere tipicamente, ve ne sono in media solo 10 di bene sviluppate, disposte ora da un lato ed ora da un altro, senza alcun ordine; invece di 62 aa. radicolari posteriori se ne trovano circa 35, pure irregolarmente distribuite nei vari individui.

La irregolarità nello sviluppo delle aa. radicolari porta con sè irregolarità nel decorso delle loro anastomosi longitudinali. Lungo la fessura midollare mancano molti circoli arteriosi (fig. 170-172); tra quelli che rimangono trovasi una catena di anastomosi, ora costituita da tratti lunghi, ora da tratti corti, che decorre tortuosa e che in vicinanza degli sbocchi delle principali arterie radicolari acquista una certa regolarità; essa merita il nome di *tratto arterioso anteriore* (fig. 170-171). Il primo circolo arterioso che si trova lungo questo tratto è costante e si distingue dagli altri per le sue dimensioni (fig. 170, *a*); infatti dalle aa. vertebrali (che rappresentano le aa. radicolari I^e) si distaccano due rami discendenti che si uniscono in un tronco impari dopo un decorso più o meno lungo; i due rami però difficilmente hanno uguale calibro e spesso uno è molto sottile. Il tratto arterioso anteriore si estende fino al cono terminale e di qui, molto ridotto, si prolunga nel filo terminale col nome di *a. del filo terminale*. Anche i *tratti arteriosi postero-laterali* (fig. 174, *b*) non sono molto regolari; in prossimità degli sbocchi delle aa. radicolari posteriori sono più grossi, lontano da tali sbocchi si assottigliano; il loro cammino è tortuoso e spesso per qualche pezzo invece di decorrere lungo la linea pararadicolare postero-laterale, decorrono lungo la postero-mediale. Superiormente essi incominciano coi *rami discendenti* dalle aa. vertebrali (1); questi rami si fanno notare per il loro forte calibro.

Arterie superficiali della midolla — Dal tratto arterioso anteriore e dai tratti arteriosi postero-laterali si dipartono numerosi rami che si distribuiscono sulla superficie della midolla, scorrendo nello spessore della pia madre (figg. 172, 173, 174).

(1) Nella massima parte dei libri di anatomia sono impropriamente chiamate *aa. spinali posteriori* e considerate come diverse dalle radicolari (cfr. Sterzi, 1904).

Dal tratto arterioso anteriore originano due sorta di rami, cioè rami posteriori (fig. 168, 2) e rami laterali (fig. 172, *b*, *e*). I rami posteriori o *aa. centrali* penetrano più o meno perpendicolarmente nella fessura midollare (fig. 168); ve ne sono 3-4 per ogni centimetro (circa 200 su tutta la midolla), e giunte con decorso

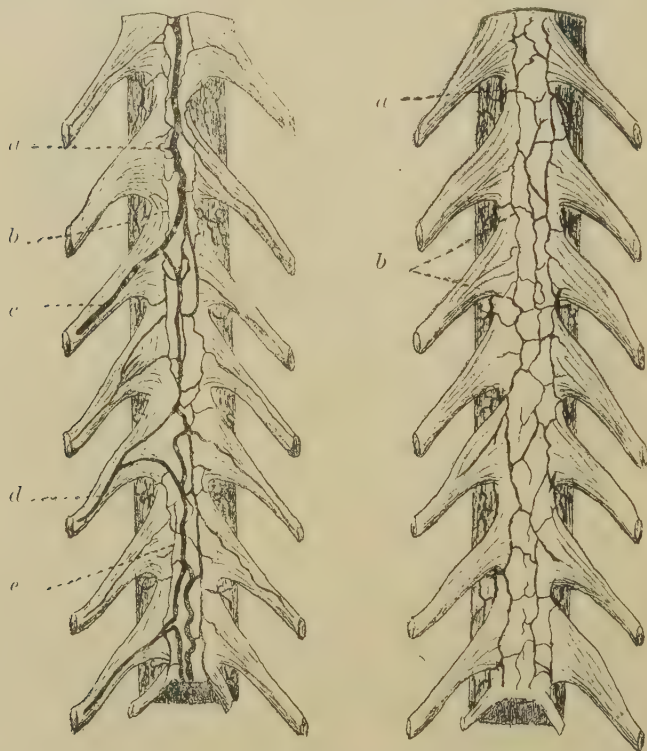


Fig. 172 — Arterie della midolla spinale vedute dalla faccia anteriore (in un uomo di 29 anni). — *a*, tratto arterioso anteriore; *b*, *e*, tratto antero-laterale; *c*, *a. radicolare anteriore* molto sviluppata; *d*, *a. radicolare anteriore* di media dimensione.

Fig. 173 — Arterie della midolla spinale vedute dalla faccia posteriore (in un uomo di 29 anni). — *a*, tratto arterioso postero-laterale; *b*, tratto arterioso posteriore.

più o meno tortuoso al fondo della fessura midollare, terminano ripiegandosi bruscamente ed alternativamente a destra ed a sinistra e penetrando nell'interno della sostanza nervosa (fig. 168); solo come eccezione si dividono in due rami, uno destro e l'altro sinistro. I rami laterali, molto irregolari per numero e per calibro, si distribuiscono sulla faccia anteriore della midolla, costituendo una rete a larghe maglie (fig. 172); queste in corrispon-

denza della linea pararadicolare antero-mediale formano una sottile catena anastomotica, *tratto-arterioso antero-laterale* (fig. 168, 4; fig. 172, *b*, *e*), da cui partono sottili rami che, insinuandosi tra le radicole anteriori, si recano nelle faccie laterali della midolla.

Da ogni tratto arterioso postero-laterale originano due specie di rami, che si distinguono in posteriori ed in anteriori (fig. 168, 14). I primi, sottili ed irregolari per numero e posizione, passano tra le radicole o tra le radici posteriori e nella linea pararadicolare postero-mediale corrispondente sono congiunti tra loro per mezzo di una sottile catena anastomotica, che chiamasi *tratto arterioso posteriore* (fig. 173, *b*); dai tratti dei due lati originano a loro volta ramuscoli che anastomizzandosi costituiscono sulla faccia posteriore della midolla una rete a larghe maglie (fig. 173). I rami anteriori dei tratti postero-laterali si distribuiscono sulla faccia laterale corrispondente (fig. 174), formando una rete alla cui costituzione prendono anche parte rami dei tratti arteriosi antero-laterali; in questa rete, circa alla metà delle faccie laterali della midolla ed in corrispondenza dell'inserzione di uno speciale legamento meningeo che a suo tempo studieremo col nome di *legamento denticolato*, trovasi una sottile catena anastomotica che ha il nome di *tratto arterioso laterale* (fig. 168, 6; fig. 174, *c*).

Nel cono terminale i tratti arteriosi postero-laterali comunicano da ogni lato col tratto arterioso anteriore per mezzo di un

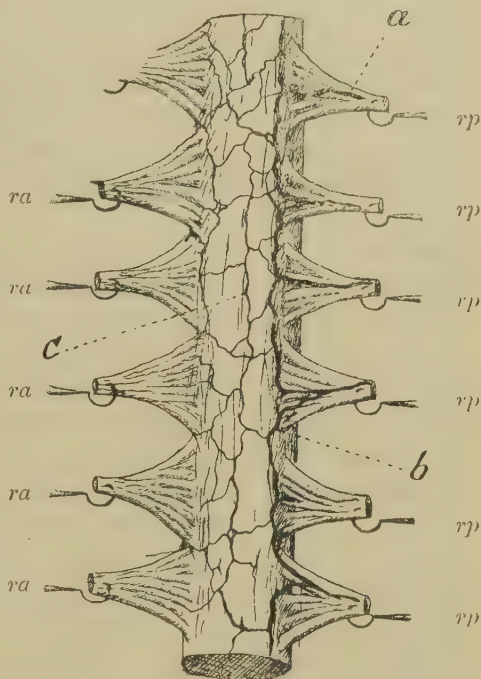


Fig. 174 - Arterie della midolla spinale, vedute dalla faccia laterale (in un uomo di 29 anni). — Le radici anteriori (*ra*) e posteriori (*rp*) sono allontanate, in modo da scoprire la faccia predetta. — *a*, a. radicolare posteriore; *b*, tratto arterioso postero-laterale; *c*, tratto arterioso laterale.

ramo arcuato a concavità superiore che chiamasi *ramo anastomotico arcuato* (Kadyi); per mezzo di tale ramo il sangue che si trova nella parte inferiore dei tratti postero-laterali è recato al tratto anteriore, il solo che si continui sul filo terminale nel modo sopra indicato.

Dunque complessivamente sulla superficie della midolla si ha una rete a larghe maglie formata da piccole arterie nella quale decorrono 9 catene anastomotiche longitudinali, una impari ed 8 pari. Di tali catene 3 sono le principali, cioè il tratto arterioso anteriore ed i due tratti arteriosi postero-laterali, e 6 sono secondarie, cioè i due tratti arteriosi antero-laterali, i due tratti arteriosi laterali ed i due tratti arteriosi posteriori (fig. 168).

La rete superficiale della midolla pone quindi in comunicazione tutte le aa. radicolari e serve, specialmente per mezzo dei tratti arteriosi che la percorrono, a stabilire una sanguificazione uniforme lungo tutta la lunghezza dell'organo, riparando così nel miglior modo possibile alla sanguificazione segmentaria dovuta alla metameria delle arterie radicolari. Una proprietà importantissima di questa rete superficiale è dunque quella, che se un ramo od un affluente qualsiasi della rete si ostruisce, non se ne hanno conseguenze perchè il sangue arriva alla rete per molti altri affluenti. Un altro importante carattere di tale rete è quello che tutti i rami da essa provenienti, penetrano nella midolla spinale e servono quindi alla vascolarizzazione di questo organo; non si osservano rami propri alla pia madre, cioè alla meninge che riveste direttamente la midolla e nella quale la rete suddetta è posta.

Arterie intramidollari — Abbiamo veduto come dal tratto arterioso anteriore penetrino nella midolla le *aa. centrali*; ora aggiungiamo che dagli altri tratti e dalla rete superficiale che circonda la midolla si distaccano numerosi piccoli rami che si addentrano da tutta la periferia nella midolla e meritano per ciò il nome di *aa. periferiche* (fig. 168, 13). Queste ultime, considerate nel loro insieme, portano alla sostanza nervosa una quantità di sangue ben superiore a quella recata dalle aa. centrali.

Le *aa. centrali*, dopo essersi ripiegate bruscamente nel modo sopra indicato, attraversano oblique dall'avanti all'indietro ed un po' dall'interno all'esterno la commessura bianca e la commessura grigia anteriore e così giungono ai lati della sostanza gelatinosa centrale (fig. 168, 2); allora terminano dividendosi in

un ramo ascendente ed in un ramo discendente (3), i quali decorrono verticali, dando rami trasversi e dopo essersi assottigliati si esauriscono senza anastomizzarsi coi rami simili delle aa. centrali vicine. E poichè le aa. centrali si ripiegano ora a destra ed ora a sinistra, ne risulta che questi loro rami longitudinali costituiscono due serie, una per ogni lato del canale centrale; nelle sezioni trasversali della midolla i vasi che le formano si vedono tagliati e vuoti di sangue. Le aa. centrali terminano in capillari; il territorio da esse irrorato è costituito dalle commessure e dalle basi delle colonne anteriori, posteriori e laterali; le colonne del Clarke coi nuclei magnocellulari basali sono quindi specialmente vascolarizzate dalle aa. centrali.

Le *aa. periferiche* (fig. 168, 13) penetrano da tutta la periferia della midolla. Una parte di esse proviene dal fondo del solco mediano posteriore e dei solchi intermedi o dalle striscie radicolari; tutte queste arterie seguono i setti gliali che si dipartono dal fondo dei solchi o accompagnansi alle radicole e per ciò hanno disposizione abbastanza regolare. Le altre invece penetrano senza ordine dalle faccie della midolla. Alcune si distaccano dalle aa. centrali e penetrano dalle pareti della fessura midollare. Escluse queste, che si dirigono frontalmente nei cordoni anteriori, le altre aa. periferiche, tanto quelle con disposizione regolare che quelle disposte irregolarmente, si dirigono raggiate nell'interno della sostanza nervosa. A seconda della loro importanza si devono distinguere in *lunghe* ed in *corte*; quelle raggiungono la sostanza grigia, queste si esauriscono nella bianca. Il loro calibro è molto vario; le più piccole hanno un diametro di mm. 0,01, le più grosse di mm. 0,10. Fra le aa. periferiche con disposizione regolare alcune meritano particolare menzione. Le più numerose sono le *aa. del solco mediano posteriore*; il loro calibro varia tra mm. 0,02 e mm. 0,05; le più lunghe percorrono sagittalmente il setto mediano posteriore, raggiungono così la commessura grigia posteriore e terminano in essa e nelle basi delle colonne posteriori, contribuendo alla vascolarizzazione delle colonne del Clarke; le minori terminano nel setto posteriore; lungo il loro cammino danno rami ai cordoni posteriori. Le *aa. dei solchi intermedi* sono meno numerose delle precedenti, alle quali assomigliano però per il calibro; le corte terminano nei setti gliali corrispondenti, le lunghe raggiungono la commessura grigia. Le *aa. dei solchi laterali posteriori* si accompagnano

alle radicole posteriori: appena penetrate nella midolla si dividono in tre gruppi, cioè in un gruppo mediale che decorre nella parte mediale della colonna corrispondente distribuendosi a questa ed alla zona vicina del cordone posteriore, in un gruppo laterale che decorre sulla faccia laterale della colonna giungendo fino alla colonna laterale, ed in un gruppo mediano che penetra attraverso allo strato zonale ed alla sostanza gelatinosa del Rolando nella testa della colonna posteriore. Le *aa. delle radicole anteriori* penetrano insieme a queste radicole o tra esse ed alcune giungono fino alla colonna anteriore ovè terminano.

Tutte le arterie che penetrano nella midolla spinale, tanto le centrali che le periferiche, sono terminali. Queste arterie non si anastomizzano infatti mai l'una con l'altra per mezzo di rami comunicanti, ma danno origine a diramazioni le quali ne produ-

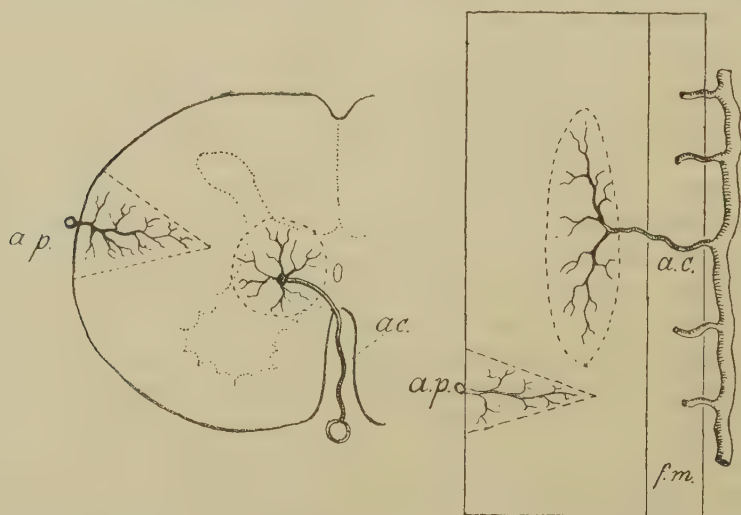


Fig. 175-176 — Distribuzione delle aa. centrali (*a. c.*) e delle aa. periferiche (*a. p.*) in una sezione trasversale (fig. 175) ed in una sezione sagittale (fig. 176) della midolla spinale umana (Schema). — *f. m.*, fessura midollare.

cono di più sottili e queste finalmente si risolvono in capillari. Quindi possiamo paragonare ogni arteria che penetra nella midolla con le sue diramazioni e con i capillari che da queste provengono, ad un albero, nel quale il tronco rappresenta l'arteria, i rami principali corrispondono ai rami dell'arteria, i rami secondari e terziari ai capillari. Il territorio di distribuzione di una a. centrale è un'ellissoide, con l'asse principale diretto sagitta-

mente (fig. 175-176); il territorio di distribuzione di un'a. periferica è un cono che ha la base verso la periferia della midolla (fig. 175-176). Quindi se si occlude il tronco di un'arteria della sostanza nervosa, nel territorio da essa vascularizzato si arresta la circolazione. Da questo esempio si comprende quanta importanza abbia la speciale distribuzione delle arterie nella midolla spinale per interpretare molte alterazioni patologiche di quest'organo.

È poi notevole il fatto che mentre alla superficie della midolla le arterie presentano numerose e grosse anastomosi (rete periferica), nell'interno dell'organo le arterie sono invece terminali.

Siccome le arterie della sostanza nervosa sono molto irregolari per calibro e per lunghezza, non si possono determinare territori particolari a speciali arterie; così ad es. nella commessura grigia terminano aa. centrali ed aa. periferiche ed ora prevalgono le une, ora le altre.

II. Capillari

I capillari, che fanno seguito alle ultime diramazioni arteriose, costituiscono un intreccio complicatissimo che presenta l'aspetto di un reticolo in qualunque modo lo si sezioni; l'intreccio formato da una delle arterie midollari si continua con quello prodotto dalle altre arterie midollari, di guisa che si può considerare l'intreccio capillare dell'intera midolla spinale come una sola formazione a cui affluisce il sangue da molte sorgenti, cioè dalle aa. centrali e dalle aa. periferiche, e da cui viene asportato il sangue pure da molte vie, cioè dalle vene che studieremo tra poco.

I capillari della sostanza nervosa hanno calibro assai diverso; il diametro dei più piccoli è infatti di 7 μ , quello dei più grandi di 10 μ ; questi ultimi costituiscono quindi dei condotti grandi quanto piccole arterie e si osservano di solito nella sostanza bianca, ove li vide per primo il Kadyi, il quale li denominò *precapillari* (Vorkapillaren). I precapillari ordinariamente si risolvono nella rete capillare; taluni di quelli della sostanza bianca vanno invece direttamente da un'arteria ad una vena e rappresentano quindi dei canali derivativi intramidollari; questi ultimi sono però sempre scarsi.

Nella midolla non vi sono zone capillari distinte perchè il campo di distribuzione di un'arteria si sovrappone a quello di

un'altra; per spiegarci con un esempio, alla rete capillare delle colonne laterali giungono varie aa. periferiche per ogni segmento midollare e non una sola di esse. Si può solamente asserire che rispetto alla provenienza del sangue arterioso, la rete capillare della periferia della sostanza bianca è prevalentemente irrorata dalle aa. periferiche, quella della parte centrale della sostanza grigia riceve quasi esclusivamente il sangue dalle aa. centrali, e che il resto della sostanza bianca e della sostanza grigia è irrorato da aa. centrali e da aa. periferiche.

La rete capillare mostra caratteri diversi nella sostanza bianca e nella grigia.

Nella sostanza bianca le arterie si risolvono rapidamente in capillari od in precapillari; questi costituiscono reti con maglie ad angoli poco acuti ed allungati per lo più in senso longitudinale, cioè parallelamente all'asse della midolla; di rado le maglie si trovano in uno stesso piano, i capillari che le costituiscono avendo decorso molto ondulato. Le maglie della rete sono relativamente ampie; la loro larghezza è di mm. 0,12—0,30, la lunghezza di mm. 1,50-1,75 (Kadyi); ed anche i capillari che le formano sono abbastanza grossi (il loro diametro oscilla tra 4-9 μ ; Goll (1). Nelle aree radicolari le maglie dei capillari sono allungate nel senso delle fibre radicolari; nei cordoni posteriori le maglie sono un po' più fitte che nei cordoni anteriori e laterali.

Nella sostanza grigia i capillari sono molto più fitti ed inoltre sono tanto disordinatamente intrecciati che formano un aggrovigliamento piuttosto che un vero reticolo; nelle sezioni sottili non è possibile vedere quasi mai una maglia in tutta la sua estensione. L'esame di sezioni grosse, nelle quali si possono vedere parecchi piani, dimostra che questi capillari sono molto più tortuosi di quelli della sostanza bianca; con tale esame è anche più facile il vedere maglie complete ed allora si trova che esse misurano 50-60 μ di larghezza e di lunghezza (Kadyi). I capillari della sostanza grigia hanno diametro inferiore a quelli della sostanza bianca; esso è in media di 4 μ . L'addensamento dei capillari è quasi uniforme; solo si nota che in corrispondenza dei nuclei cellulari il loro numero è un poco maggiore.

(1) Il Kadyi ha trovato misure un po' superiori (7,5-13 μ), ma egli esaminò solo materiale iniettato e quindi con vasi artificialmente dilatati.

L'addensamento è un po' più spiccato in corrispondenza della testa delle colonne posteriori e nella sostanza gelatinosa del Rolando; meno fitto è invece nella sostanza gelatinosa centrale (Kadyi, Hoche). La ricchezza della rete capillare della sostanza grigia è quindi in rapporto diretto con l'importanza funzionale di tale sostanza; dove abbondano le cellule nervose la rete è più fitta, dove scarseggiano lo è meno.

Il fitto intreccio vasale ora descritto permette che il ricambio materiale della midolla spinale avvenga in modo molto attivo e sia più attivo nella sostanza grigia che nella sostanza bianca.

III — Vene

Vene intramidollari — Dall'intreccio dei capillari midollari originano numerose vene, le quali con decorso opposto alle arterie omonime, volgono verso la superficie della midolla per versare il loro sangue in una rete di vene periferiche; tali vene formano nel loro insieme le *vv. intramidollari*. Esse non presentano mai anastomosi tra loro entro la midolla spinale; per ciò sono *terminali* come le arterie. Le vene intramidollari non sono mai satelliti di arterie, ma decorrono indipendenti da esse.

Le vene intramidollari si distinguono in *vv. periferiche* ed in *vv. centrali*, come le arterie (fig. 168).

Le *vv. periferiche* sono un po' meno numerose delle arterie omonime, ma per compenso hanno calibro maggiore. Per la massima parte decorrono radialmente, perchè dall'interno della midolla volgono verso la periferia come altrettanti raggi che muovano dal canale centrale. Le vene principali originano dalla sostanza grigia, le più piccole da quella bianca; tutte provengono dalla riunione di due rami, uno superiore o discendente e l'altro inferiore od ascendente. Alcune hanno disposizione regolare lungo tutta la midolla, e sono quelle che decorrono entro i setti gliali e che sboccano nei solchi superficiali o nelle striscie radicolari; queste hanno i medesimi nomi delle arterie (*vv. del solco mediano posteriore, dei solchi intermedi, dei solchi laterali posteriori, delle radicole anteriori*); speciale menzione meritano quelle dei solchi laterali posteriori per il loro grosso calibro. A queste si devono aggiungere le *vv. delle colonne laterali*, che dipartendosi dall'apice di tali colonne attraversano trasversali il cordone laterale corrispondente.

Le *vv. centrali* (fig. 168, *b*) sono circa in numero doppio ma più piccole delle arterie omonime. Esse originano ai lati della sostanza gelatinosa centrale da rami ascendenti e discendenti che si riuniscono e che danno origine ad un tronco trasversale che è la *v. centrale*; questa, con direzione opposta alle arterie omonime, volge verso il fondo della fessura midollare. I rami di origine di una *v. centrale* talvolta sono chiaramente anastomizzati con quelli della *v. centrale* situata subito sopra o sotto a quella che si esamina; questi rami costituiscono quindi un'eccezione alla regola ricordata sopra, che cioè le vene intramidollari sono terminali. Il sangue che esce dalle *vv. centrali* è molto meno di quello che esce dalle *vv. periferiche*; e poichè il calibro complessivo delle *vv. centrali* è inferiore a quello delle arterie omonime, ne deriva che una parte del sangue portato alla midolla da queste arterie deve uscire per mezzo di *vv. periferiche*. Nella fessura midollare le *vv. centrali* presentano numerose anastomosi longitudinali; in queste o nella *vv. centrali* si gettano le *vv. periferiche* mediali dei cordoni anteriori, le quali hanno la particolarità di essere situate in piani frontali invece che in piani raggiati rispetto al canale centrale, come sono tutte le altre *vv. periferiche*.

Vene superficiali della midolla — Tutte le vene che si aprono alla superficie della midolla vengono raccolte da un sistema di vene più grosse, le quali costituiscono una rete a larghe maglie (figg. 177 e 178); come la rete arteriosa superficiale, con cui la rete venosa non è satellite, questa raccoglie solo vene intramidollari; la pia madre non ha quindi vene proprie come non ha arterie proprie.

Le rete venosa superficiale della midolla presenta delle catene anastomotiche regolari, paragonabili a quelle della rete arteriosa, situate longitudinalmente.

Al principio della fessura midollare, e quindi satellite al tratto arterioso anteriore, si trova una catena anastomotica venosa che ha il nome di *tratto venoso anteriore* (fig. 168, *a*; fig. 177, *a*). Questo tratto presenta numerose maglie o *circoli venosi* (*b*); però non solo si trovano in corrispondenza delle radici anteriori, ma anche tra due radici consecutive (fig. 177). Superiormente si continua col tratto omonimo del bulbo; inferiormente si prolunga nel filo terminale dopo essersi molto assottigliato ed ha quì il nome di *v. del filo terminale*; come l'arteria, questa vena percorre

la metà circa del filo terminale interno e per lo più termina anastomizzandosi con le vene del filo terminale esterno provenienti dalla dura madre (V. a questa meninge). Nel rigonfiamento lombare il tratto venoso anteriore è grosso e regolare.

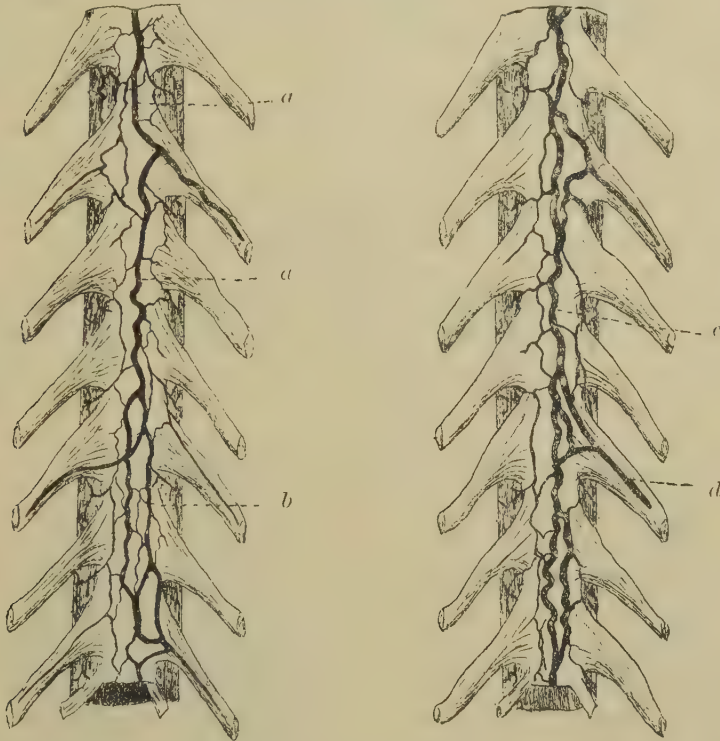


Fig. 177-178 — Vene della faccia anteriore (fig. 177) e della faccia posteriore (fig. 178) della midolla spinale (in una donna di 42 anni). — a, tratto venoso anteriore; b, circolo venoso; c, tratto venoso posteriore; d, v. radicolare posteriore.

Il tratto venoso principale è però il *tratto venoso posteriore* (fig. 168, n; fig. 178, c), che decorre sulla faccia posteriore della midolla spinale in corrispondenza del solco mediano e per grande parte è costituito da un tronco solo, grosso e regolare; per ciò vari autori lo chiamano « vena mediana posteriore »; anche il tratto posteriore presenta tuttavia molti circoli venosi (fig. 178).

Due grandi anastomosi venose si trovano poi subito all'esterno delle linee paravertebrali antero-laterali (fig. 168, c); sono i *tratti venosi antero-laterali*, costituiti da rami che talvolta cir-

condano le radicole anteriori, passando medialmente ad esse.

In corrispondenza delle linee pararadicolarì postero-laterali (fig. 168, *m*) si osservano due altre catene anastomotiche, ma sono le più piccole tra tutte; esse formano i *tratti postero-laterali*.

Vv. radicolari — Dai tratti venosi originano le *vv. radicolari*, che con decorso opposto alle arterie omonime attraversano la dura madre.

Le *vv. radicolari posteriori* originano specialmente dal tratto venoso posteriore (fig. 168, *k*) per mezzo di grossi rami, i quali per lo più in corrispondenza del loro inizio formano insieme al tratto suddetto un circolo venoso (fig. 178, *d*). I tronchi di solito passano tra le radicole delle radici posteriori e poi si riuniscono insieme nella faccia anteriore della radice per formare la v. radicolare posteriore come è indicato nella fig. 168; talvolta la riunione avviene invece nella faccia posteriore della radice (fig. 177) ma allora la v. radicolare lungo il suo decorso circonda la radice in modo da situarsi nella faccia anteriore. Le vv. radicolari posteriori sono meno numerose delle arterie omonime, ma generalmente sono anche più grosse (cfr. le figg. 174 e 178); di solito se ne osserva una molto grossa alla metà del rigonfiamento lombare.

Le *vv. radicolari anteriori* originano dal tratto venoso anteriore in modo simile alle precedenti e decorrono insieme alle arterie sulla faccia anteriore delle radici (fig. 168, *d*). Esse raccolgono anche molti rami dai tratti venosi antero-laterali (fig. 177). Sono più numerose delle arterie omonime ma d'ordinario sono però molto più sottili. La maggior parte del sangue venoso della midolla proviene dalla faccia posteriore e dalle vv. radicolari posteriori. Al principio del rigonfiamento lombare si osserva di solito una v. radicolare anteriore molto grossa che sembra la diretta continuazione del tratto venoso anteriore, il quale, come sopra abbiamo veduto, è molto grosso in questa porzione di midolla.

Durante il loro decorso lungo le radici e nel momento nel quale attraversano la dura madre, le vv. radicolari raccolgono ramuscoli da questi organi (fig. 168); poi ogni v. radicolare anteriore si riunisce con la corrispondente vena posteriore e così viene a costituirsi la v. *midollare* (fig. 168, *f*), che esce dal foro di coniugazione rispettivo dopo essersi riunita alle *vv. dell'endorachide* ed agli emissari dei seni e dei plessi venosi intravertebrali formando la v. *vertebro-midollare*.

Le vv. vertebro-midollari si versano nei plessi venosi perivertebrali.

All'angiomero arterioso corrisponde quindi nella midolla spinale un angiomero venoso (fig. 168).

Delle *vie linfatice* della midolla spinale ci occuperemo studiando gli spazi delle meningi, coi quali esse sono intimamente connesse.

§ 6

Sviluppo

Intorno a questo argomento ci limiteremo a brevi notizie; rimandando ai trattati di embriologia per la descrizione delle particolarità.

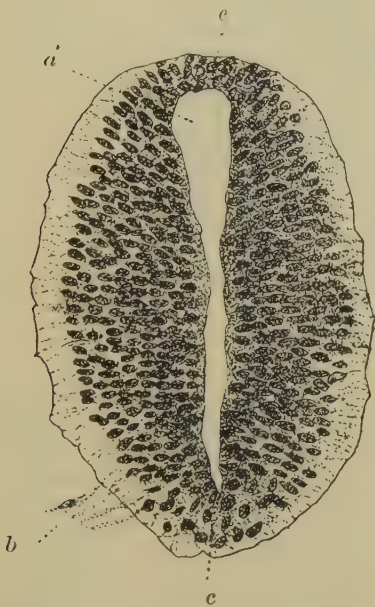


Fig. 180 — Strati dell'abbozzo della midolla spinale (nell'embrione umano di 1 mese; semischematico). — a, placca basale; b, radice anteriore; c, strato marginale; d, strato del mantello; e, strato germinativo; f, radice posteriore; g, placca del tetto; h, solco limitante; i, placca alare; l, solco laterale esterno; m, porzione intermedia; n, solco laterale esterno; o, placca fondamentale.

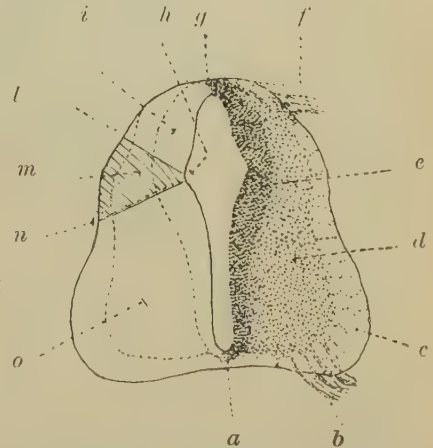


Fig. 179 — Sezione trasversale della midolla spinale di un embrione umano con 8 paia di segmenti primitivi, fatta circa alla metà del dorso. — a, fessura centrale; b, radice anteriore; c, placca basale; d, parete laterale; e, placca del tetto.

La porzione di tubo neurale che dà origine alla midolla spinale (cfr. a pg. 90) al principio della sua comparsa ha pareti

uniformemente sottili; ma ben tosto le pareti laterali si inspessiscono, trasformando il lume del primitivo condotto neurale in una fessura sagittale, che chiamasi *fessura centrale*, mentre la parete anteriore e la parete posteriore rimangono sottili (fig. 179); così (embrione umano di 25 giorni) l'abbozzo della midolla spinale viene ad essere costituito da due metà laterali grosse, riunite insieme per mezzo di due lamine endodermali sottili, una posteriore o *placca del tetto* (His) e l'altra anteriore o *placca basale* (fig. 179). Nelle pareti della fessura centrale si forma poi una larga doccia longitudinale o *solco limitante* (His), che le divide in una *placca fondamentale* (His) posta in avanti (fig. 180, *o*) ed in una *placca alare* (*i*) (His) situata posteriormente; da questa si sviluppa la parte sensitiva della sostanza grigia (cfr. a pg. 221), da quella la parte motrice. Tra la placca fondamentale e la placca alare è interposta una *porzione intermedia* (*l*) (fig. 180, *m*), la quale verso la fessura centrale corrisponde al solco limitante e verso la superficie esterna dell'abbozzo midollare è delimitata per mezzo di due solchi longitudinali e paralleli, uno anteriore posto circa nel mezzo tra le origini delle radici anteriori e posteriori (fig. 180, *n*), e l'altro posteriore (*l*) corrispondente alle origini delle radici posteriori; dal segmento intermedio provengono le colonne laterali e le colonne del Clarke.

Vediamo allora come si modificano nello sviluppo ulteriore queste particolarità dell'embrione umano di 25 giorni.

Placca basale e placca del tetto — Le due placche rimangono costituite da sole cellule endodermali.

Nella *placca basale* le cellule endodermali si allungano e si moltiplicano, in modo da disporsi in due o tre strati (fig. 181); dalla loro estremità anteriore emettono dei prolungamenti periferici che crescono gradatamente e si spingono fino alla superficie anteriore dell'abbozzo midollare; tra essi già negli embrioni umani lunghi 15 mm. (fig. 181, *l*) cominciano a passare neuriti trasversali, che costituiscono il primo abbozzo della commessura bianca anteriore. Nell'ulteriore sviluppo le fibre commessurali aumentano, ma però esse non interrompono i prolungamenti endodermali, i quali, compressi in senso laterale dallo sviluppo delle colonne e dei cordoni anteriori, vengono a costituire il cuneo endodermale anteriore (cfr. pg. 186).

(1) Schaltstück del His.

Nella *placca del tetto* avvengono modificazioni d'altro genere. Le cellule ependimali rimangono basse, ma le pareti della fessura centrale in prossimità della placca si avvicinano e si portano a contatto l'una con l'altra (fig. 181, *a*). Tale processo di chiusura progredisce poi verso la placca basale, cosicchè tutta la parte posteriore della fessura midollare viene a scomparire; non permane

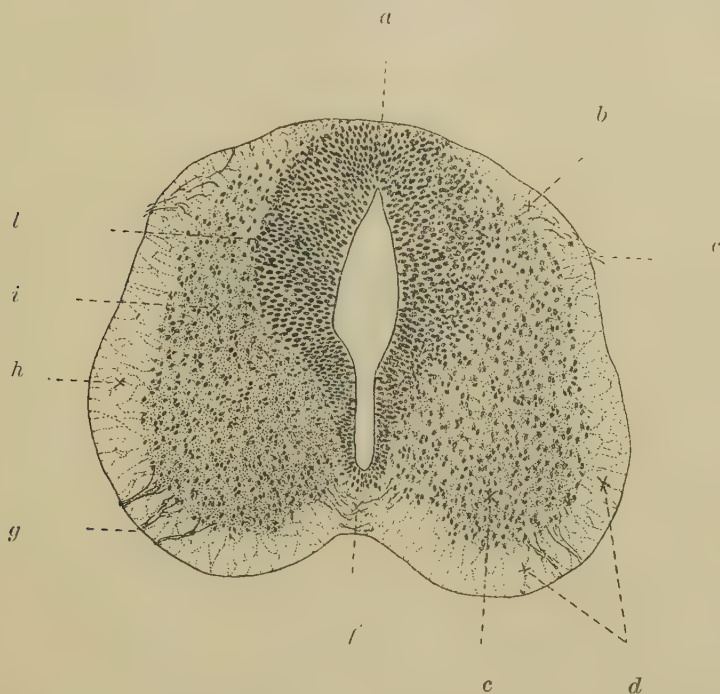


Fig. 181 — Sezione trasversa della midolla spinale di un embrione umano lungo mm. 15,5 (secondo lo Streeter). — *a*, inizio del processo di chiusura della fessura centrale; *b*, *d*, corno posteriore e corno anterolaterale; *c*, radice posteriore; *e*, corno anteriore; *f*, placca basale e commessura anteriore; *g*, radice anteriore; *h*, strato marginale (abbozzo della sostanza bianca); *i*, strato del mantello (abbozzo della sostanza grigia); *l*, strato germinativo.

pervia che la parte anteriore, la quale diventa il canale centrale definitivo.

La placca del tetto non prende adunque quasi alcuna parte a formare la midolla spinale definitiva; questa posteriormente al canale centrale è infatti formata dall'accrescimento delle placche alari, fuse l'una con l'altra dopo la scomparsa del segmento posteriore della fessura midollare.

Le cellule della placca del tetto migrano tra le cellule parietali della fessura venute a contatto e moltiplicandosi attivamente per divisione diretta formano una specie di cuneo, che progredisce in avanti a misura che le pareti stesse si saldano. Le cellule di questo cuneo giungono così fino in corrispondenza della parete posteriore del canale centrale definitivo e costituiscono il cuneo endimale posteriore (cfr. a pg. 186); i loro prolungamenti periferici, insieme ad alcune cellule endimali che si sono arrestate durante lo spostamento, formano il setto posteriore della midolla. La costituzione del canale centrale è dunque collegata alla presenza del setto posteriore.

Pareti laterali — Il neurosincizio che le costituisce già negli embrioni umani di 25 giorni mostra i nuclei disposti in modo speciale (fig. 179); al principio del 2° mese (fig. 180) questa disposizione è ancora più manifesta e si possono allora distinguere nelle suddette pareti le tre zone concentriche che si osservano nelle prime fasi di sviluppo del sistema nervoso centrale (cfr. a pg. 96), cioè lo *strato germinativo* (impropriamente noto col nome di « strato endimale »), lo *strato del mantello* e lo *strato marginale*; la struttura di tali strati è quella che abbiamo descritto (pg. 96). Come sappiamo avvenire nello sviluppo generale del nevrasso (pg. 95), lo strato del mantello aumenta rapidamente di volume a spese dello strato germinativo (cf. le fig. 180 e 181); negli embrioni umani lunghi 15 mm. il fatto è già bene manifesto.

La riduzione dello strato germinativo (fig. 181, *f*) è più manifesta anteriormente e per conseguenza in avanti ha maggiori dimensioni lo strato del mantello (*g*) che fa sporgere verso l'esterno lo strato marginale e quindi la superficie della midolla; ma poichè la placca basale rimane sottile, viene così a costituirsi una larga doccia (*l*), che percorre tutta la faccia ventrale della midolla e che è la *fessura midollare primitiva*. Le sporgenze dello strato del mantello costituiscono le *colonne anteriori* (*a*). Più tardi (embrioni umani di 30 mm.) lo strato ora ricordato si fa bene manifesto anche posteriormente e quindi pure da questo lato diminuisce lo strato germinativo (fig. 182); l'accrescimento dello strato del mantello determina in tal guisa anche la formazione delle *colonne posteriori* (*n*), nelle quali si nota che la porzione periferica è molto ricca di nuclei: questa cappa nucleare dà origine alla sostanza gelatinosa del Rolando (*g*). In

seguito (embrioni umani di 40 mm.) cominciano a formarsi le *colonne laterali*, che rapidamente si accrescono. Le colonne del Clarke sono bene differenziate in embrioni umani lunghi 12 cm. (Pusateri).

Lo strato marginale compare presso alle faccie laterali della midolla ed in stadi molto precoci (fig. 179). Di qui rapidamente si espande in avanti: negli embrioni di 15 mm. è arrivato ai lati della placca basale (fig. 180, c). Poi, più tardi si espande anche

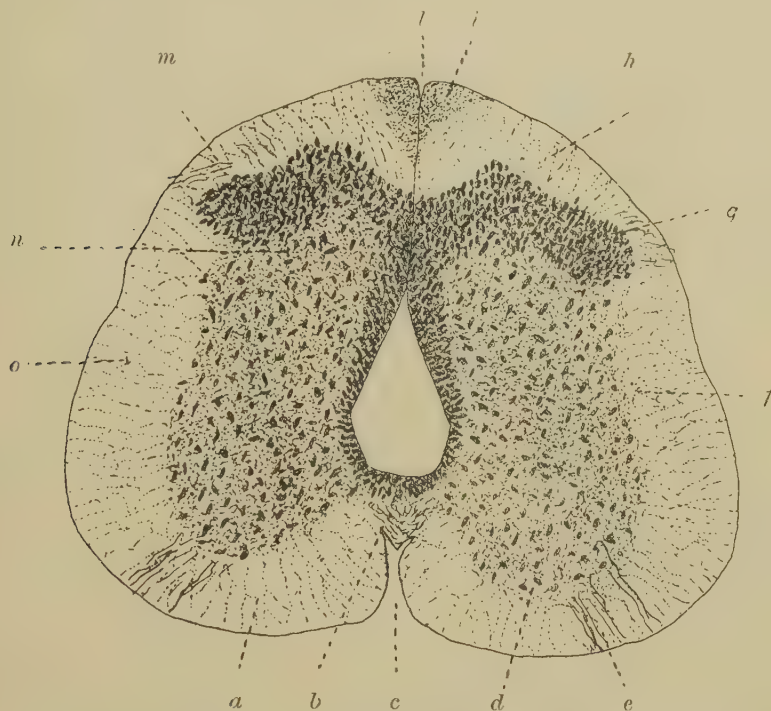


Fig. 182 — Abbozzo della midolla spinale in un embrione umano lungo 34 mm. (sezione trasversale a livello del V segmento cervicale). — *a*, cordone anteriore; *b*, commessura bianca anteriore; *c*, fessura midollare; *d*, colonna anteriore; *e*, fibre delle radicole anteriori; *f*, formazione reticolare; *g*, sostanza gelatinosa del Rolando; *h*, cordone posteriore; *i*, zona mediale del cordone posteriore; *l*, solco mediano posteriore; *m*, fibre della radice posteriore; *n*, colonna posteriore; *o*, cordone laterale.

in dietro; negli embrioni di 17 mm. comincia a comparire ai lati della faccia posteriore della midolla (fig. 181, *d*) e solo in embrioni lunghi 22 mm. ha invaso tutta questa faccia. In seguito si allarga con rapidità (fig. 182) perchè al processo di vacuolizzazione del citoplasma neurosinciziale che produce lo strato sud-

detto (cfr. a pg. 95-96) si aggiunge la penetrazione dei neuriti che precedono la comparsa delle fibre nervose della sostanza bianca.

La mielinizzazione delle fibre della sostanza bianca nell'uomo comincia al 5° mese della vita fetale, alla nascita è solo parziale e si può ritenerla completa verso il 20° anno. Le prime fibre che si rivestono di mielina sono quelle delle radici anteriori; poi mielinizzano quelle delle radici posteriori e cominciano a farlo quando le anteriori non sono ancora completamente mielinizzate. Contemporaneamente alle radici, all'inizio del 5° mese principiano a mielinizzarsi anche le fibre della commessura bianca anteriore. Pure molto presto comincia la mielinizzazione nei fasci fondamentali anteriori e laterali e nei cordoni posteriori; invece tardi si mielinizzano i fasci cortico-midollari. Nella seguente tabella sono indicate con notevole approssimazione le epoche dell'inizio e del completamento della guaina mielinica dei singoli fasci:

		Inizio	Compimento			
			della mielinizzazione			
Radici anteriori		5° mese	alla nascita (tranne che nella porzione toracica			
Radici posteriori		id.	id.	id.	id.	id.
Cordone anteriore	F. fondamentale	5° mese e $\frac{1}{2}$	alla nascita			
	F. cortico-midollare diretto	9° mese	verso il 4° anno			
Cordone laterale	F. fondamentale	5° mese	alla nascita			
	Ff. midollo-cerebellari	7° mese	al 9° mese			
	F. cortico-midoll. incroc.	9° mese	verso il 4° anno			
Cordone posteriore		5° mese	al 9° mese			

La mielinizzazione dei cordoni posteriori avviene in modo molto complesso: prima incomincia a mielinizzare la loro parte anteriore, quella che corrisponde al fascio fondamentale dell'adulto, ed essa ebbe il nome di *zona radicolare anteriore* (1)

(1) L'aggettivo « radicolare » può far nascere confusione; qui vuol indicare che la parte del cordone posteriore che mielinizza, è costituita da rami provenienti dalle radici posteriori.

(Flechsig, Trepinski, ecc.); poi mielinizza la parte centrale dei cordoni (*zona radicolare media*); in seguito si circondano di mielina le fibre vicine al setto mediano posteriore (fascicolo gracile) e quelle della parte media del tratto superficiale dei cordoni o *zona radicolare posteriore*; da ultimo si mielinizza la parte laterale di questa zona radicolare posteriore.

Sviluppo del filo terminale — L'abbozzo della midolla spinale da principio è lungo quanto la colonna vertebrale e termina, dopo la chiusura del condotto neurenterico, con estremità leggermente ingrossata subito al di sotto del tegumento insieme all'apice della colonna vertebrale cartilaginea; il canale centrale finisce in questo punto essendo un poco rigonfiato.

Nel tratto caudale dell'abbozzo midollare il tubo neurale non si differenzia nei tre strati germinativo, del mantello e marginale che sopra abbiamo trovato nel resto della midolla, ma rimane formato dal solo strato germinativo; inoltre il lume del canale centrale durante il primo mese si riduce e finalmente scompare, di guisa che il tratto inferiore dell'abbozzo sud-

detto finisce per essere costituito da un cordone solido di tessuto neurosinciziale (fig. 183, c). Permane pervia per lungo tempo solo l'estremità terminale del primitivo canale centrale (d), che continua a rimanere sottocutanea; essa si conserva ancora manifesta fino al 6° mese di

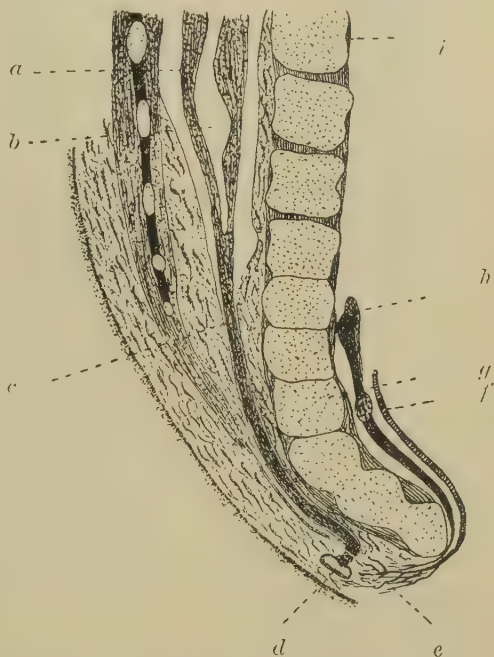


Fig. 183 — Sezione sagittale mediana della estremità inferiore del dorso in un embrione umano lungo 11 cm. (semischematic, da Unger e Brugsch). — a, cono terminale della midolla; b, ventricolo terminale definitivo; c, filo terminale; d, estremità sottocutanea della midolla col ventricolo terminale sottocutaneo; e, legamento caudale; f. a. sacrale media; g, vertebra coccigea I; h, cordone e gangli del simpatico; i, vertebra lombare V.

vita intrauterina e talvolta alla nascita se ne trovano ancora le tracce (residui midollari coccigei o paracoccigei di Tournoux ed Hermann, 1887). Il cordone solido di tessuto neurosinciziale rappresenta l'abbozzo del filo terminale; quando la midolla comincia ad ascendere nel canale vertebrale per l'ineguale accrescimento in lunghezza tra essa e la colonna vertebrale (cfr. a pg. 153), allora questo abbozzo del filo terminale viene stirato, perchè ad un capo si continua con la midolla che sale nel canale vertebrale e per l'altro capo è attaccato alla pelle ed alle formazioni vicine; l'abbozzo del filo si assottiglia e si allunga, e nel mentre regredisce in esso la parte proveniente dal neurosincizio, si ingrossa la guaina connettiva che lo circonda e che deriva dal mesenchima assile; da ultimo la parte nervosa rimane solo manifesta nel tratto di filo terminale che è vicino alla midolla, mentre nel resto essa scompare completamente.

Il ventricolo terminale definitivo della midolla è una formazione secondaria, che non ha nulla a che fare col ventricolo terminale sottocutaneo sopra descritto. Il ventricolo definitivo comincia a comparire subito dopo che il canale centrale è scomparso dall'abbozzo del filo terminale; allora l'estremità inferiore del canale centrale comincia a dilatarsi (fig. 183, b) e si presenta come una piccola cavità conica da cui poi si estroflettono dei prolungamenti laterali. L'estremità inferiore della dilatazione si continua nel principio del filo terminale; talvolta è ripiegata ad uncino su sè stessa nel piano sagittale mediano e questo fatto proviene dall'essere scomparso il lume della primitiva fessura centrale nel suo tratto medio e dall'essersi conservato pervio in avanti ed in dietro.

Sviluppo dei vasi sanguiferi ⁽¹⁾ — Poco dopo che si sono costituite le aa. segmentali, rami pari e simmetrici dell'aorta, originano da esse dei rami dorsali che si recano nelle superficie laterali della midolla; questa costituisce quindi uno dei primi organi nei quali si abbia una distribuzione di vasi (Sterzi).

Dai rami dorsali delle aa. segmentali originano le aa. vertebro-midollari, dalle quali si formano le aa. radicolari anteriori e posteriori che si accompagnano a tutte le radici rispettive. Le

(1) Per questo argomento mi rimetto intieramente alle mie indagini (1904), confermate da quelle dell'Evans (1909); cfr. anche Keibel e Mall: Handb. d. Entwicklungsg. II, 1911, pg. 620-621.

aa. radicolari anteriori terminano ai lati della fessura midollare costituendo due catene anastomotiche pari e simmetriche (*tratti arteriosi primitivi*), secondariamente comunicanti l'una con l'altra per mezzo di rami trasversali (fig. 184); in seguito, per l'atrofia di alcune aa. radicolari anteriori e per l'ineguale accrescimento

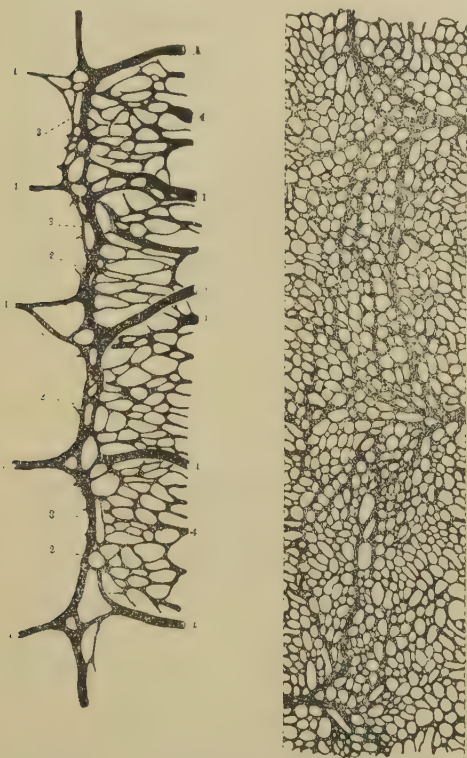


Fig. 185 — Vasi sanguiferi della metà destra della faccia ventrale della midolla spinale (porzione cervicale) di un embrione di bue lungo mm. 16 (da Sterzi, 1904). — 1, 1, aa. radicolari ventrali; 2, 2, tratto arterioso ventrale; 3, 3, tratti arteriosi primitivi in via d'involtazione; 4, 4, rete vascolare della faccia ventrale della midolla.

Fig. 186 — Rete vascolare della faccia dorsale della midolla spinale (porzione toracica) in un embrione di bue lungo 80 mm., nella quale incominciano a costituirsi dei tronchi venosi (da Sterzi, 1904).

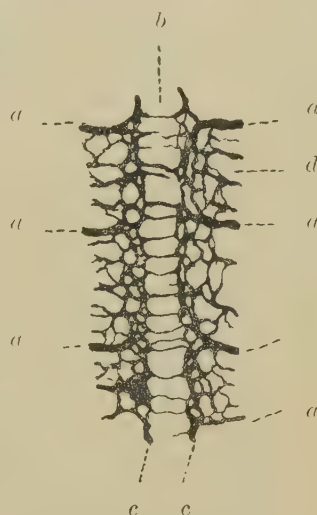


Fig. 184 — Vasi sanguiferi della faccia ventrale della midolla in un embrione di pecora lungo 10 mm. (a livello del rigonfiamento cervicale; iniezione con bleu di Prussia; ingrand. = 30 D). — a, a, aa. radicolari ventrali; b, spazio tra i solchi midollari primitivi; c, c, tratti arteriosi primitivi; d, d, rete di vasi sanguiferi della faccia predetta.

dei due tratti primitivi e dei loro rami comunicanti (fig. 185), si costituisce un tratto arterioso impari (2), a decorso molto ondulato; esso è il tratto anteriore definitivo ed i circoli arteriosi che si trovano nell'adulto sono i residui della sua origine pari. Le aa. radicolari posteriori terminano alla superficie della midolla formando una rete nella quale già precocemente si distinguono rami

longitudinali ascendenti e discendenti; inosculandosi essi formano i tratti arteriosi postero-laterali.

Le arterie da principio scorrono solo alla superficie della midolla; più tardi (embrioni di pecora lunghi mm. 6.6) penetrano anche nell'interno dell'organo e le prime a far ciò sono le aa. centrali. A queste si aggiungono poi le aa. periferiche ed a poco a poco avviene che tutto il sangue che è recato alla midolla dalle aa. radicolari finisce per penetrare nell'interno di essa. Qui costituisce reti capillari dalle quali si dipartono le vene centrali e periferiche.

Le vene al principio dello sviluppo costituiscono una fitta rete irregolare che ricopre la faccia posteriore e le faccie laterali della midolla (fig. 186); in tale rete si formano dei tronchi longitudinali che diventano i tratti venosi definitivi; la massima parte delle loro maglie si atrofizza e scompare.

§ 7

Anatomia comparata

L'anatomia comparata della midolla spinale costituisce un argomento molto interessante (1), perchè in essa viene studiato un organo che si trova in tutti i vertebrati e che conserva in tutti tipicamente la medesima conformazione, essendo sempre costituito da una massa di sostanza grigia interna situata attorno al canale centrale, da un mantello di sostanza bianca che ricopre la precedente e da un sottile strato corticale di sostanza grigia che riveste l'organo alla sua periferia.

Però la midolla spinale nelle varie classi dei vertebrati presenta interessantissime differenze, delle quali noi qui ci limiteremo a ricordare le principali.

La forma della midolla è in generale cilindroide; negli acrani si presenta prismatica triangolare, nei ciclostomi è appiattita e situata in un piano frontale, in qualche pesce in alcuni tratti ha sezione trasversale quadrilatera.

(1) Per l'anatomia della midolla degli acrani, dei ciclostomi e dei selaci si può consultare: G. Sterzi, *Il sistema nervoso centrale dei vertebrati*, Vol. I e II, Padova, 1907-1912.

I rigonfiamenti sono manifesti solo nei vertebrati con arti e corrispondono sempre all'origine dei nervi per gli arti. La fessura midollare è manifesta in tutti i cranioti e la sua presenza è intimamente legata a quella del tratto arterioso ventrale e delle aa. centrali (G. Sterzi, 1901). L'estremità caudale della midolla per lo più corrisponde all'apice della colonna vertebrale; nei ciclostomi e nei pesci si ha una porzione postvertebrale di midolla (G. Sterzi, 1907, 1909). In alcuni pesci (*Orthogoriscus*) e negli anfibi anuri (Sterzi, 1901) si osserva un filo terminale nervoso fino all'apice della colonna vertebrale; nei mammiferi il filo è solo parzialmente nervoso. Il canale centrale è sempre manifesto, però, in special modo nei mammiferi, può andar incontro a processi di involuzione come nell'uomo; quando giunge fino all'apice caudale, di solito mostra una dilatazione (ventricolo terminale vero); altrimenti la dilatazione si forma secondariamente nel punto ove esso termina e si ha allora un ventricolo terminale secondario paragonabile a quello dell'uomo.

La sostanza grigia centrale negli acrani forma la parete immediata del canale centrale; nei cranioti si presenta come un accumulo che penetra profondamente nella sostanza bianca. Nei ciclostomi tale accumulo ha l'aspetto di una lamina frontale, nel cui mezzo decorre il canale centrale; nei pesci alla lamina si è sostituita una massa prismatica, nella quale cominciano a distinguersi due angoli ventrali e due dorsali corrispondenti alle colonne anteriori e posteriori dell'uomo; negli anfibi e più ancora nei rettili le colonne si rendono molto manifeste. Già nei selaci cominciano a comparire le colonne laterali (G. Sterzi, 1909). Nei pesci la sostanza grigia è spesso frammentata per la presenza di fasci di fibre che la percorrono in vario senso. Le colonne ventrali in generale predominano per volume sulle dorsali.

Lo strato grigio corticale presenta spesso due inspessimenti notevoli, situati nelle faccie laterali della midolla; cominciano a comparire nei pesci, sono molto manifesti nei rettili e nel rigonfiamento lombare degli uccelli. In essi si trovano cellule radicolari; per la struttura si dimostrano quali porzioni della sostanza grigia motrice interna, spinte verso la periferia della midolla (A. Sterzi, 1903, 1906). Talvolta, come in *Alligator* (Gaskell, 1886) ed in *Gallus* (Lachi, 1889) possono sporgere sulla superficie esterna della midolla dei lobetti pari e simmetrici formati dallo strato grigio corticale; meritano il nome di *lobi acces-*

sori della midolla spinale (1) (Lachi, 1889); essi contengono accumuli di cellule nervose (*gruppi midollari periferici* di A. Sterzi, 1906).

In alcuni mammiferi (non nell'uomo) si osservano cellule nervose sparse nello strato corticale (cfr. a pg. 192); è probabile che non corrispondano ai gruppi periferici, ma che invece siano omologhe alle cellule nervose sparse nello strato corticale degli altri cranioti (Nemiloff).

Nella sostanza grigia interna dei cranioti inferiori sono molto manifeste le cellule radicolari somatiche e le viscerali; esse costituiscono gruppi distinti e differiscono per i loro caratteri morfologici e strutturali.

La sostanza bianca è formata sempre da un miscuglio di fibre diverse per origine e per significato; nelle varie zone di essa predominano ora queste ed ora quelle fibre e per ciò vi si possono distinguere dei fasci, caratterizzati dal prevalere di una certa specie di fibre. Nella serie dei cranioti e già nei selaci (Sterzi, 1909) si riscontra la legge della posizione eccentrica delle vie lunghe (cfr. a pg. 226). Le principali vie che abbiamo trovato nella midolla spinale umana si riscontrano anche negli altri cranioti, esclusi solo i fasci cortico-midollari, che mancano nei cranioti inferiori; negli animali acquatici hanno grande importanza le vie che congiungono i nuclei statici alle cellule motrici somatiche.

Dalla midolla originano radici ventrali e dorsali, omologhe alle anteriori e posteriori dell'uomo. Negli acrani, nei ciclostomi, nei pesci le une e le altre sono a paia ed ogni paio di radici ventrali si alterna col paio seguente di radici dorsali; salendo nella serie dei vertebrati le paia ventrali si avvicinano alle dorsali situate subito caudalmente sino a che si arriva ai mammiferi, nei quali ogni paio di radici ventrali è situato nel medesimo

(1) Le denominazioni dei lobi midollari sono varie; la più comune è quella usata dai Tedeschi che li chiamano « *nuclei del Hofmann (Hofmann'sche Kerne)* », denominazione proposta dal Kölliker (1901) in onore del Preparatore del suo Istituto; però una lunga serie di ricercatori (Gadow, Gaskell, Lachi, Ramon y Cajal, Brandis, Lenhossèk, G. Sterzi) li avevano osservati, descritti (denominati assai prima del Kölliker e del suo Preparatore e quindi la denominazione tedesca è ingiusta (cfr. A. Sterzi, 1906). Io ho adottato la denominazione proposta dal Lachi (1889) che fra le più antiche è quella che meglio designa le predette formazioni.

piano trasversale di un paio dorsale (Sterzi, 1901). Le radici ventrali sono motrici, le dorsali prevalentemente sensitive; infatti queste oltre a molte fibre esogene ganglionari (sensitive) contengono anche fibre endogene (motrici), che provengono da cellule radicolari delle colonne ventrali e laterali. Queste fibre hanno il nome di *fibre del Lenhossèk* o di *fibre motrici delle radici posteriori* (Cajal). Accennate dal Lenhossèk negli embrioni di un selacoideo (Pristiurus), furono descritte da me (1909) in molte specie di selaci adulti; furono osservate inoltre dal Banchi nei cheloni e da molti autori (Cajal, Lenhossèk, Kölliker, Retzius, Van Gehuchten, Martin) negli embrioni del pollo. Le indagini del Lubosch e del Kappers intorno all'anatomia comparata dell'origine del nervo spinale (nervo encefalico che studieremo nel Cap. VI) mi fanno pensare che col nome di *fibre del Lenhossèk* si indichino due specie diverse di fibre radicolari e cioè fibre radicolari viscerali e fibre radicolari somatiche.

Le prime sono le più diffuse; nei selaci si trovano lungo tutta la midolla (Sterzi, 1909); anche negli embrioni di pollo si osservano in tutta la midolla. Nei mammiferi non sono mai state descritte, ma ciò non ci autorizza a negarne la esistenza, atteso che i nostri metodi d'indagine sono molto incostanti; a tale riguardo non va dimenticato che le indagini sperimentali hanno posto in chiaro che asportando un ganglio spinale, in mezzo alle fibre degenerate della radice posteriore corrispondente si vedono scarse fibre non degenerate (Lugaro), le quali hanno quindi origine midollare. Non credo però che queste fibre siano radicolari viscerali, perchè piccole ed amieliniche; forse sono fibre di significato speciale non ancora determinato.

Le fibre motrici somatiche sono state vedute nei cheloni e negli uccelli; io non ne ho osservato nei selaci. Sebbene gli autori che hanno descritto le fibre del Lenhossèk in questi vertebrati non ne specificino la natura di radicolari somatiche, credo di poterle assegnare a questa categoria in base alla situazione delle loro cellule di origine nella parte ventrale della colonna omonima. Lo sviluppo del nervo spinale fa supporre che tali fibre nell'uomo e nei mammiferi siano rappresentate dalla radice midollare di questo nervo (Lubosch).

I vasi sanguiferi della midolla spinale mostrano una distribuzione sempre più complicata a misura che si sale nella scala zoologica (Sterzi, 1904). Le arterie predominano nella faccia

ventrale, le vene nella dorsale. Le arterie dapprima hanno disposizione segmentaria; nella faccia dorsale della midolla dei ciclostomi si osservano aree arteriose alternate a destra ed a sinistra con aree venose. Però ben presto compaiono tronchi longitudinali (tratti anastomotici) che determinano un uguale afflusso di sangue lungo tutta la midolla (Sterzi, 1904).

Nei petromizonti tra i ciclostomi i vasi non penetrano entro alla sostanza nervosa, la quale si nutre quindi in via indiretta; negli altri cranioti invece tale penetrazione si verifica. I rapporti tra il sangue circolante e la sostanza nervosa sono tanto più intimi quanto più si sale nella serie dei vertebrati, poichè la capillarizzazione dei vasi mentre nei cranioti più bassi è perimidollare, nei cranioti superiori è esclusivamente intramidollare.



CAP. V.

Encefalo in generale

Definizione — L'encefalo è la parte del sistema nervoso centrale contenuta nella cavità del cranio.

La denominazione ne determina grossolanamente la situazione, indicando che esso è situato *nella testa*; in anatomia topografica l'encefalo è situato per una piccola parte nel collo, perchè uno dei piani che separano la testa dal collo passa tra la protuberanza occipitale esterna ed il contorno inferiore dei meati acustici.

Il nome *encefalo* (lat. *encephalon*) deriva dal greco ὁ ἐγκέφαλος e significa *contenuto nella testa* (ἐν, *in*; ἡ κεφαλή, *la testa*).

Nel latino classico si trova invece il vocabolo *cerebrum* ed esso è conservato in tutta la decadenza; è solo in questa che compare la trascrizione letterale del nome greco.

Nella moderna nomenclatura anatomica *encephalon* non è sinonimo di *cerebrum*, ma questo secondo nome serve ad indicare una parte dell'intero encefalo.

§ 1

Caratteri generali

Situazione — L'encefalo è situato nella cavità del cranio che esso riempie quasi completamente; per ciò la capacità cranica corrisponde presso a poco al volume dell'encefalo. Di tale corrispondenza si vale in special modo l'antropologo per indurre le differenze volumetriche tra l'encefalo di razze attuali e quello di razze estinte.

Tra l'encefalo e le pareti del cranio si trovano le meningi encefaliche, che come le midollari, sono in numero di tre e si distinguono in *dura madre*, *aracnoide* e *pia madre*. In conseguenza del fatto che l'encefalo riempie quasi completamente la cavità del cranio, le meningi sono compresse l'una contro l'altra e gli spazi, che le separano, hanno dimensioni minori di quelli che circondano la midolla spinale; vedremo infatti studiando le meningi che lo spazio intraracnoidale esiste solo nei luoghi depressi della superficie encefalica e che lo spazio intradurale è apparente; lo spazio peridurale manca e la dura madre si fonde intimamente col periostio interno del cranio od *endocranio*, costituendo una sola membrana formata da due strati che viene per brevità chiamata *dura madre encefalica*, sebbene rappresenti la vera dura madre fusa con l'endocranio (Sterzi, 1901); invece dei plessi venosi peridurali come nel canale vertebrale, nel cranio si hanno grossi spazi venosi situati nello spessore della dura madre (e più esattamente tra il foglietto interno di questa meninge che rappresenta la vera dura madre ed il foglietto esterno che corrisponde all'endocranio); essi hanno il nome di *seni della dura madre* e si trovano nei luoghi nei quali la superficie encefalica è percorsa da solchi o da fessure.

Attraverso alle meningi l'encefalo comprime tanto la parete interna del cranio da determinare su essa dei solchi e delle fosse, corrispondenti alle sporgenze encefaliche (impressioni digitali, fosse, ecc.); e gli stessi organi contenuti nello spessore delle meningi vengono così compressi da determinare anch'essi delle depressioni nelle pareti craniche (cavità dell'ipofisi, depressione del ganglio del trigemino, solchi dei seni della dura madre, dell'a. meningea media, ecc.). Si può quindi concludere che il cranio si modella grossolanamente sull'encefalo.

Limiti — Il limite tra l'encefalo e la midolla è stato da noi già determinato a proposito di quest'ultima (cfr. a pg. 141); ancora una volta ricordiamo che si tratta di un limite artificiale, perchè l'encefalo si continua con la midolla spinale (cfr. a pg. 141).

Dimensioni — Le principali dimensioni che si possono studiare nell'encefalo sono i suoi diametri, la sua superficie ed il suo volume.

Diametri — Siccome l'encefalo ha grossolanamente la forma di un ovoide, coll'asse maggiore situato nel piano sagittale e col polo più piccolo volto in avanti, potremo distinguervi tre diametri principali, cioè un *diametro sagittale massimo*, un *diametro trasverso massimo* ed un *diametro verticale massimo*.

Il diametro sagittale massimo è in media di cm. 18 nell'uomo e di cm. 17 nella donna; il diametro trasverso massimo è circa cm. 14.5 nei due sessi; il diametro verticale massimo misura in media 12 cm. nei due sessi. I diametri dell'encefalo sono strettamente collegati a quelli della cavità del cranio e dalla misura di questi ultimi si può indurne quella dei primi. I diametri encefalici sono pure proporzionali ai diametri esterni del cranio; e quindi anche nel vivente, tenendo conto dello spessore medio delle pareti del cranio e di quello delle parti molli che le rivestono, si possono determinare parecchi diametri encefalici; così ad es. il diametro antero-posteriore dell'encefalo corrisponde al diametro antero-posteriore della testa diminuito di cm. 2.5 (Merkel, 1890).

Similmente a quanto è stato fatto per il cranio, i diametri massimi encefalici possono venire rapportati in guisa da esprimere il diametro minore in centesimi del diametro maggiore; chiamasi *indice encefalico* la cifra che rappresenta tale espressione. Essa viene quindi determinata dalla seguente proporzione:

$$\begin{array}{l} \text{Diam. magg. : Diam. minore} = 100 : x \text{ (Indice encef.)} \\ \text{Diam. minore} \times 100 \\ x = \frac{\text{Diam. magg.}}{\text{Diam. minore}} \end{array}$$

Se si rapportano tra loro il diametro longitudinale massimo ed il diametro trasverso massimo si ha l'*indice encefalico di larghezza*: se si rapporta invece il diametro longitudinale col diametro verticale si ha l'*indice encefalico di altezza*.

A seconda delle modificazioni dell'indice di larghezza, gli encefali possono venire suddivisi in varie categorie, corrispondenti a quelle dei crani (1):

Ultradolicoencefali	—	Indice encefalico di lunghezza	60 - 64.9
Iperdolicoencefali	—	»	» 65 - 69.9
Dolicoencefali	—	»	» 70 - 74.9
Mesoencefali	—	»	» 75 - 79.9

(1) Per le denominazioni di queste categorie, ho adottato quelle stabilite dalla Conferenza internazionale di Francoforte (1884) per le categorie dei crani.

Brachiencefali	—	Indice encefalico di lunghezza	80 - 84.9
Iperbrachiencefali	—	»	» 85 - 89.9
Ultrabrachiencefali	—	»	» oltre 90

A seconda delle modificazioni dell'indice encefalico di altezza, gli encefali si possono distinguere nelle seguenti categorie:

Ipsiencefali	—	Indice encefalico di altezza	75.1 o più
Ortoencefali	—	»	» 70.1 - 75
Platiencefali (camencefali)	—	»	» 70 o meno

Superficie. — La superficie encefalica dell'uomo adulto è di circa 3200 cm.², cifra notevole, che rappresenta la superficie di un rettangolo avente i lati di cm. 40 × 80. Questa cifra, enorme se confrontata coi diametri encefalici, è dovuta al fatto che per la massima parte la superficie encefalica non è liscia, ma presenta una grande quantità di solchi, disposti in modo molto complicato.

La superficie encefalica dell'uomo è superiore a quella della donna, perchè l'encefalo femminile è più piccolo; la differenza della superficie non è direttamente proporzionale a quella del peso, ma la prima è minore della seconda. Ciò dipende dal fatto che circa la quarta parte della superficie encefalica è formata dalla superficie cerebellare e questa presenta piccole differenze nei due sessi.

Volume — Il volume dell'encefalo si può approssimativamente calcolare determinando la capacità del cranio; questa nei tedeschi del Nord è stata calcolata in media di circa 1506 cm.³ nell'uomo e di circa 1300 cm.³ nella donna.

Il volume reale dell'encefalo si può determinare immergendo quest'organo spogliato dalle meningi in un recipiente colmo di acqua avente un beccuccio di scarico e misurando il volume dell'acqua spostata. Con questo metodo ho esaminato 10 encefali, 5 di uomini e 5 di donne, tutti appartenuti ad individui tra i 27 ed i 50 anni della Sardegna meridionale ed ho trovato negli encefali di uomini un volume medio di cm.³ 1295, in quelli di donna un volume medio di cm.³ 1220. Nei Tedeschi il Krause ha trovato che il volume encefalico varia tra 1172 e 1282 cm.³ ed il Buchstab ha trovato cm.³ 1325 negli uomini e cm.³ 1188 nelle donne.

Il volume encefalico varia secondo l'età; cresce dall'infanzia all'età adulta, diminuisce nella vecchiaia per l'atrofia che l'encefalo subisce come tutti gli altri organi; in una donna di 100

anni di età ho trovato un volume di 1074 cm.³ e questo è il volume più piccolo che ho riscontrato.

Siccome il volume encefalico strettamente dipende dalla capacità cranica, ne risulta che le differenze antropologiche di questa capacità corrispondono alle differenze del volume dell'encefalo. Il volume encefalico delle razze più intelligenti è maggiore di quello delle meno intelligenti, come dimostrano chiaramente le misurazioni del Broca sulla capacità del cranio:

<i>Uomini</i>			<i>Donne</i>	
Parigini moderni	77	1560 cm. ³	41	1338 cm. ³
Chinesi	6	1518 cm. ³	6	1384 cm. ³
Giavanesi	18	1500 cm. ³	6	1396 cm. ³
Polinesiani	21	1500 cm. ³	15	1381 cm. ³
Neo-Caledoniani	23	1460 cm. ³	23	1330 cm. ³
Negri dell'Africa	31	1423 cm. ³	12	1247 cm. ³
Australiani	10	1347 cm. ³	6	1181 cm. ³

Il volume non è l'espressione reale della quantità di sostanza nervosa dell'encefalo; infatti nello encefalo si trovano i ventricoli che sono più o meno ampi a seconda degli individui e la cui capacità sfugge nella determinazione del volume encefalico; anzi si deve avvertire che gli encefali di individui con forte dilatazione dei ventricoli encefalici sono i più voluminosi. Per determinare la quantità assoluta di sostanza nervosa dell'encefalo vale quindi assai meglio il determinare il peso encefalico.

A parità delle condizioni dei ventricoli il volume è maggiore negli individui alti; però l'aumento è inversamente proporzionale alla statura. Questo fatto ci dà la ragione del perchè i popoli dell'Europa meridionale, che sono di statura bassa, abbiano encefali meno voluminosi di quelli dell'Europa settentrionale che sono più alti; però la differenza di statura tra questi popoli è più grande della differenza nel volume encefalico.

Peso — Devonsi distinguere a questo riguardo il *peso assoluto*, il *peso relativo* ed il *peso specifico*.

A - Peso assoluto — È il peso dell'encefalo calcolato indipendentemente da quello del resto dell'organismo. È molto difficile da determinare con esattezza, sia perchè l'encefalo viene circondato da meningi (pia madre ed aracnoide) che strettamente lo rivestono e che penetrano in tutte le accidentalità della sua superficie e si addentrano fino nei ventricoli, e quindi non possono

venire tolte senza asportare una certa parte di sostanza nervosa, sia perchè tra le meningi suddette e nei ventricoli encefalici si trova una quantità notevole di liquido encefalo-midollare, che non può venire asportata completamente e che imbeve anche la sostanza nervosa dell'encefalo stesso, sia perchè i vasi sanguiferi encefalici contengono una certa quantità di sangue. Le cifre date dai diversi autori sono differenti, perchè alcuni pesarono l'encefalo insieme alle meningi suddette ed al liquido encefalo-midollare e intraracnoidale, altri invece dopo averlo spogliato da tali membrane e privato del liquido che trovasi tra esse e nei ventricoli encefalici. Fra i due metodi dà risultati più attendibili quello di pesare l'encefalo insieme alla tenui meningi ed al liquido encefalo-midollare ed intraracnoidale; infatti dopo la morte questo liquido si diffonde nella sostanza nervosa e la imbeve tanto più quanto meno è vicina l'ora della morte; però bisogna allora tener conto che circa il 5.5% del peso ottenuto spetta alle meningi tenui ed ai liquidi sopraricordati (C. Giacomini, 1884).

Il Chiarugi (1905), in base alle ricerche istituite per suo consiglio nei vari Istituti Anatomici del Regno ed in alcuni Ospedali militari, ha potuto raccogliere i dati di 873 osservazioni di Italiani adulti delle varie regioni, e stabilire la seguente tabella:

Maschi	N. 541	—	Peso medio (media aritmetica)	gr. 1308
			» massimo	» 1667
			» minimo	» 951
Femmine	N. 332		» medio (media aritmetica)	» 1171
			» massimo	» 1554
			» minimo	» 881

Nel peso encefalico sono compresi in queste cifre anche quello della pia madre e dell'aracnoide, quello del liquido intraracnoidale ed encefalo-midollare e quello dei nervi encefalici per un tratto vario dalla loro origine apparente alla loro uscita dalla cavità cranica.

Il peso encefalico così determinato *non* rappresenta il peso encefalico della generalità degli Italiani (e quello che io ora asserisco per le ricerche fatte da noi, vale pure per ricerche similili fatte nelle altre nazioni), ma rappresenta solo *il peso encefalico di Italiani poveri, in generale di scarsa elevatezza intellettuale, per lo più in età avanzata e morti in ospedali, spesso dopo lunga degenza*. Si comprende d'altro lato come sarà impossibile, almeno

per moltissimi anni ancora, l'avere una grande quantità di osservazioni in encefali appartenuti ad individui che con la propria intelligenza si fecero una posizione sociale anche così modesta da permettere loro di morire nella propria casa e di non essere sepolti a spese della pubblica beneficenza.

Il peso assoluto dell'encefalo, come risulta dalle cifre esposte sopra e come risulta dalle indagini fatte da tutti gli autori, nella donna è minore di circa 120 gr.; a questo riguardo l'encefalo si comporta come gli altri visceri.

Rispetto all'età si deve osservare che il peso encefalico cresce rapidamente dal terzo al quinto mese della vita fetale, triplicandosi dall'uno all'altro mese; cresce meno dal quinto all'ottavo mese e di nuovo rapidamente cresce da questo al nono mese della vita fetale. La seguente tabella del Michaelis dimostra quanto ho asserito:

Età dell'embrione o del feto	Peso minimo gr.	Peso massimo gr.	Peso medio gr.
3 mesi	—	—	4.0
4 »	7.0	21.0	12.5
5 »	20.5	53.0	38.5
6 »	45.5	121.0	80.4
7 »	79.0	200.0	109.3
8 »	83.0	232.0	146.0
9 »	253.0	305.0	275.0

Alla nascita il peso encefalico è di 380-400 gr. nel maschio e di gr. 360-380 nella femmina. Dopo la nascita il peso encefalico cresce rapidamente, mantenendosi sempre superiore nel bambino, così che nel primo anno il peso cresce come 1:2.5, nel secondo anno cresce un po' meno ed al quinto anno è circa il triplo di quello che era alla fine del primo anno (Michaelis).

Il peso encefalico del neonato è molto grande relativamente a quello dell'adulto; esso rappresenta circa $\frac{1}{4}$ di questo peso ($\frac{1}{3},63$), mentre gli altri organi del neonato pesano rispettivamente circa $\frac{1}{10}$ - $\frac{1}{14}$ di quelli dell'adulto.

Il rapporto tra il peso encefalico del neonato e quello dell'adulto non è proporzionale al rapporto tra il peso delle singole parti dell'encefalo nelle due età predette, perchè tali parti crescono in modo diverso dopo la nascita; così ad es. il cervello

cresce meno del cervelletto dopo la nascita e quindi il peso del cervello del neonato è $1/4$ di quello dell'adulto mentre il peso del cervelletto è $1/7$. Su questo argomento torneremo più a proposito nello studio delle varie porzioni dell'encefalo; per ora ci basta l'aver dimostrato lo scarso valore che ha il paragone tra il peso encefalico totale del neonato e quello dell'adulto di fronte al paragone tra il peso delle singole parti dalle quali l'encefalo è costituito nel neonato e quello delle parti corrispondenti dell'adulto.

Le seguenti cifre, che riporto dal Michaelis (Autore che ha pesato 276 encefali di bambini e di bambine, tutti morti per malattie non specifiche dell'encefalo e delle meningi, e che non presentavano apprezzabili alterazioni nella quantità di sangue dei vasi encefalici o nella quantità del liquido encefalo-midollare) e che ho completato con alcune altre cifre basate su qualche mia osservazione (indicata con la lettera *m*), danno chiara idea dell'accrescimento del peso encefalico dopo la nascita:

ETÀ	MASCHI		FEMMINE	
	Casi	Peso med. gr.	Casi	Peso med. gr.
1 mese	12	383,0	9	317,0
2 mesi	10	419,5	13	400,8
3 »	31	471,7	11	463,3
4 »	11	576,4	18	487,1
5 »	9	701,6	10	505,1
6 »	11	700,8	4	603,8
7 »	3	612,8	6	633,3
8 »	4	626,3	3	710,2
9 »	3	634,0	10	651,1
10 »	2	876,5	7	697,8
11 »	4	732,4	2	861,5
12 »	2	1000,0	6	776,0
2 anni	10	1083,0	15	931,6
3 »	2	1266,5	10	1033,9
4 »	4	1281,8	7	1072,3
5 »	5	1396,2	1	1310,0
6 »	3	1233,5	2	1178,0
7 »	1	1212,0	1	1320,0
8 »	1	1315,0	1	1228,0
9 »	2	1338,5	1	1255,0
10 »	1 <i>m</i>	1380,0	2 <i>m</i>	1272,8

Le cifre della suddetta tabella dimostrano solo che il peso cresce continuamente dalla nascita al X anno; non vanno considerate però nei loro valori assoluti, perchè confrontando pesi encefalici di bambini con uguale età ed uguali per lunghezza e peso del corpo, si trovano differenze enormi. Inoltre se confrontiamo poi le cifre dei pesi encefalici dei bambini di più di 4 anni con quelle del peso encefalico dell'adulto, rimaniamo sorpresi nel constatare che il peso encefalico del bambino non differisce molto da quello dell'adulto; il che ci conduce alla constatazione che il peso encefalico cresce molto poco dopo il V anno di vita. Verso il 20.^o anno l'encefalo ha raggiunto il massimo del peso; rimane allora quasi stazionario dai 20 ai 50 anni; diminuisce lentamente ma progressivamente dopo questa età.

Il peso assoluto dell'encefalo varia rispetto alle razze; nelle più intelligenti e più robuste il peso è un po' superiore a quello delle razze che si trovano in condizioni opposte; le differenze sono però sempre molto piccole e non paragonabili alle differenze intellettuali. Tra gli individui di una stessa razza si nota pure qualche differenza; così se si confrontano i pesi encefalici degli Europei si nota che quelli delle popolazioni meridionali sono inferiori a quelli dei popoli settentrionali. Secondo le cifre del Tigges gli Italiani avrebbero encefali meno pesanti di quelli degli altri popoli mediterranei (e questa è una prova molto convincente del nessun rapporto che, come vedremo tra poco, esiste tra peso encefalico e grado intellettuale).

Sembra che il peso assoluto dell'encefalo sia in rapporto con la forma del cranio; nei dolicocefali l'encefalo peserebbe meno che nei brachicefali (Calori). Il peso assoluto si può ottenere con una certa approssimazione moltiplicando la capacità del cranio per 0,87 (Manouvrier).

Il peso assoluto encefalico non è costante, ma subisce delle variazioni dipendenti dallo stato generale dell'organismo; diminuisce in seguito alle malattie esaurienti; aumenta per l'esercizio muscolare e mentale (il Donaldson ha osservato che il peso encefalico dei topi bianchi è superiore in quelli che fanno una vita attiva ed è inferiore in quelli tenuti immobili); vi è anche rapporto tra questo peso ed il grado di funzionalità delle glandole sessuali (cfr. a pg. 117).

Non ha fondamento scientifico la opinione comune che il grado della intelligenza sia direttamente proporzionale al peso encefalico.

Già a priori si rileva infatti che non vi può essere rapporto alcuno tra peso generale assoluto dell'encefalo ed intelligenza, ma solo può esservi tra questa ed il peso relativo di quelle parti di encefalo, che vengono ritenute come il substrato delle funzioni psichiche. Ma poi i pesi assoluti dell'encefalo nelle varie età provano la verità di quanto ho sopra asserito; il peso encefalico assoluto del bambino al di là dei 5 anni è poco diverso da quello dell'adulto (il peso relativo a quello del corpo è poi superiore a quello dell'adulto); il peso assoluto è massimo al 20° anno; eppure l'infanzia e la giovinezza non sono le età nelle quali l'intelligenza ha raggiunto il suo completo sviluppo. I pesi nelle diverse razze variano molto poco, sebbene tra esse l'intelligenza sia profondamente diversa. Del resto i pesi encefalici di persone salite in grande fama per la loro intelligenza stanno a dimostrare la mancanza di qualsiasi rapporto tra peso encefalico e sviluppo intellettuale; ecco infatti alcuni esempi:

Peso superiore alla media	Peso inferiore alla media
G. Cuvier, Naturalista, gr. 1829	J. F. Hausmann, Geologo, gr. 1226
Diriclet, Matematico, » 1520	Harley, Fisiologo » 1238
G. H. Fuchs, Medico » 1499	Léon Gambetta, Oratore » 1246
W. von Siemens, Fisico » 1600	E. Harless, Fisiologo » 1238
Hermann, Economista, » 1590	J. von Döllinger, Anatom. » 1207
Ch. H. E. Bischoff, Med. » 1488	Fr. Tiedemann, id. » 1254
Chauncey Wright, Matematico e Poeta » 1516	Grant James, Letterato » 1289

A conferma poi di quanto abbiamo sopra riferito devesi anche ricordare come l'encefalo più pesante fino ad oggi noto in persona normale è quello di un tal Rustan (cfr. Hanseimann, 1899); esso pesava gr. 2222 ed aveva appartenuto ad un individuo di mediocre levatura; io stesso ho trovato il peso di 1893 gr. in un operaio analfabeta e di comune intelligenza; in casi patologici poi il peso encefalico può aumentare considerevolmente accompagnandosi a diminuzione della intelligenza, e ricordo a questo proposito il peso di gr. 2850 trovato dal Walsem e dal Lemel in un cretino di 21 anni. All'opposto si possono avere pesi encefalici bassissimi, perfino inferiori a 1000 gr. (cioè al peso medio nel bambino di un anno) in individui di intelligenza comune; il Wilder descrive l'encefalo di un irlandese che

era ritenuto come intelligente, sapeva leggere e scrivere, aveva 46 anni, era alto m. 1,67, pesava Kg. 65,585; l'encefalo fresco di questo individuo pesava 680 gr. (come quello di un bambino di 9 mesi!) e di questi 544 gr. appartenevano al cervello e 136 gr. al cervelletto, al ponte ed al bulbo.

Come diretta conseguenza di quanto abbiamo asserito, risulta che *si deve ritenere assolutamente priva di base scientifica l'affermazione di molti che la donna sia meno intelligente dell'uomo perchè il suo encefalo è meno pesante.* (1)

Il peso assoluto dell'encefalo aumenta con la statura, ma però non è direttamente proporzionale a questa.

B - Peso relativo — È il peso dell'encefalo in rapporto col peso del corpo, o in altri termini è la quantità di sostanza nervosa encefalica che corrisponde ad una unità del peso del corpo. Lo si determina dividendo il peso del corpo per il peso encefalico assoluto; in generale esso rappresenta $1/42$ del peso del corpo nell'uomo ed $1/40$ nella donna (Junker 1895). Il Livi più ragionevolmente considera peso relativo il rapporto tra il peso encefalico e la statura, perchè il peso generale del corpo dipende da fattori che possono variare, come la quantità del pannicolo adiposo, lo sviluppo e la capacità intestinale, ecc.; siccome poi non sarebbe esatto paragonare una misura di peso con una misura lineare (statura), fa il rapporto tra la statura ed il lato di un cubo che contenga un peso d'acqua uguale al peso encefalico. Il peso relativo diminuisce a misura che aumenta la statura (inversamente quindi al peso assoluto) come dimostrano le seguenti cifre (Tigges):

Altezza del corpo	Uomini	Donne
cm. 131 - 140	—	8,7
» 141 - 150	8.7	7.96
» 151 - 160	8.3	7.7
» 161 - 170	8.0	7.5
» 171 - 180	7.6	6.8
» 181 - 190	7.1	6.8

(1) Questa affermazione, che può sembrare nuova per alcuni, è invece molto antica e già nei secoli XVI e XVII la vediamo spesso sostenuta dagli anatomici: « Et inter homines mares plus habent (cerebri) quam foeminae. Iis enim maximum est datum cerebrum, qui plurimum cerebro uti debuere, hoc est, functiones animales varias et praestantes exercere. Hoc tamen cerebri utrius-

Il peso è massimo al principio della vita (alla nascita l'encefalo rappresenta circa di 1/9 del peso del corpo) e diminuisce gradatamente fino al 20°-25° anno; poi rimane stazionario.

La seguente tabella del Mies indica il peso relativo nelle varie età:

Età	Maschi	Femmine
1 - 3 mesi	1/5.92	1/5.96
3 - 6 »	1/5.85	1/5.72
6 - 12 »	1/6.48	1/6.34
1 - 2 anni	1/6.93	1/6.99
2 - 4 »	1/8.78	1/8.91
4 - 7 »	1/10.03	1/10.19
7 - 10 »	1/13.80	1/14.70
11 - 13 »	1/17.10	1/18.01
14 - 15 »	1/24.08	1/26.49
16 - 17 »	1/31.68	1/30.24
18 - 19 »	1/35.06	1/35.00

C - Peso specifico — È in media di 1.035. Questa cifra ha solo un valore approssimativo, perchè l'encefalo viene costituito da parti con pesi specifici diversi; per conseguenza ha molto maggiore importanza la determinazione del peso specifico delle varie porzioni dell'encefalo, e di essa noi ci occuperemo nello studio particolareggiato dei singoli segmenti encefalici. Siccome la maggior parte dei ricercatori trascurarono di tener conto delle differenze nel peso specifico delle varie parti dell'encefalo, ma vollero determinare un peso specifico complessivo medio, così giunsero a risultati molto discordi (da 1.019 a 1.045).

Colore e consistenza — Questi due caratteri differiscono nelle varie parti dell'encefalo, perchè sono intimamente collegati alla struttura; in generale si può affermare che la faccia superiore e le faccie laterali dell'encefalo sono costituite da sostanza grigia e quindi hanno colore cinereo-chiaro e consistenza poco accentuata, mentre nella faccia inferiore predomina la sostanza

que sexus discrimen, censuram Adriani Spigellii seu Bucretij incurrit, quam haud dubio ab illo impetrarunt autopsia, et magnae illae mentes et doctes quarundam foeminarum, quas aetas superior et nostra tulit. Foeminae autem minus quam mares cerebri habere dicuntur, quia ut plurimum corporis magnitudine his cedunt » (Th. Bartholin, *Anatome quartum renovata*, 1677).

bianca e quindi essa presenta colore biancastro e notevole consistenza.

La consistenza diminuisce dopo la morte e più rapidamente nella sostanza grigia che in quella bianca; col rammollimento cadaverico la sostanza grigia diventa disgregabile e riesce allora molto difficile od anche impossibile spogliare l'encefalo dalle tenui meningi che gli aderiscono.

Rapporti — Abbiamo già veduto (pg. 317) come l'encefalo insieme alle meningi che lo rivestono, riempie quasi esattamente la cavità del cranio, ed abbiamo anche stabilito che la meninge esterna o *dura madre vera* è fusa col periostio interno del cranio od *endocranio*, costituendosi in tal guisa una sola membrana che viene semplicemente designata col nome di *dura madre encefalica*. Questa membrana penetra nelle scissure principali dell'encefalo, formando dei setti che a suo tempo descriveremo; alcuni come ad es. la falce cerebellare, sono costituiti dal ripiegamento del solo foglietto interno della dura madre encefalica, cioè del foglietto che corrisponde alla dura madre vera, ma altri, come la tenda del cervelletto, sono formati anche da un prolungamento del foglietto esterno della dura madre encefalica, cioè dell'endocranio; così viene spiegata l'anormale presenza di osteoblasti in tali setti e la possibilità di nuclei ossei nel loro interno; l'anatomia comparata conferma questa interpretazione desunta dallo sviluppo delle meningi umane (Sterzi, 1901).

Lo spazio che intercede tra la superficie dell'encefalo e la parete interna del cranio e nel quale si trovano le meningi coi loro spazi e gli organi intrameningei, è così stretto che in media si può calcolare di 4 mm.; è naturalmente superiore a questa cifra nei punti nei quali la superficie encefalica è depressa e minore (fino a 2 mm.) nei punti dove la superficie encefalica è sporgente. Il getto della cavità cranica rappresenta quindi grossolanamente il getto dell'encefalo.

Non tutti i segmenti encefalici sono ugualmente in rapporto con la parete interna del cranio; il cervello è la parte che ha rapporti più intimi e subito dopo ad esso viene il cervelletto; le parti basilari sono invece in rapporti meno stretti e per ciò in corrispondenza di esse lo spazio intraracnoidale è più ampio.

Lo studio dei rapporti tra l'encefalo ed il cranio costituisce la *topografia cranio-encefalica*; in Anatomia topografica con questo

nome vengono invece designati i rapporti tra l'encefalo ed il capo, cioè il cranio rivestito dalle parti molli, rapporti che costituiscono più esattamente la *topografia cefalo-encefalica*. La topografia cranio-encefalica si suddivide in vari capitoli a seconda dei singoli segmenti encefalici; così abbiamo la *topografia cranio-cerebrale*, la *topografia cranio-cerebellare*, la *topografia cranio-mielencefalica*, ecc.

La topografia cranio-encefalica con le sue divisioni fa parte della anatomia topografica; per ciò noi ci limiteremo a darne brevi notizie nei capitoli successivi a misura che se ne presenterà l'occasione, mandando il Lettore ai trattati di questa anatomia per notizie più dettagliate.

Mezzi di fissazione — Poichè l'encefalo con le sue meningi riempie quasi esattamente la cavità del cranio, non si può spostare quasi affatto entro ad essa; i sepimenti della dura madre che penetrano nelle scissure encefaliche e che suddividono la cavità contenente l'encefalo in cavità minori, contribuiscono largamente a renderlo immobile. Per queste ragioni non troviamo nel cranio speciali mezzi di fissazione, come li vedemmo nel canale vertebrale, di cui la midolla spinale occupa solo una piccola parte; tuttavia le guaine dei nervi encefalici che si saldano al periostio dei fori cranici per i quali i nervi escono dal cranio, quelle speciali produzioni meningeae che studieremo con le meningi e che hanno nome di *villi aracnoidei*, ed i vasi sanguiferi più grossi che vanno o che vengono dall'encefalo, aumentano la sua fissità; da soli però questi mezzi non basterebbero allo scopo, come ben si vede togliendo la callotta del cranio con una sezione molto bassa ed osservando che allora l'encefalo può spostarsi alquanto nella base cranica.

§ 2

Forma

A - Conformazione esterna

L'encefalo (figg. 187-189) ha la forma di un ovoide un poco schiacciato dall'alto al basso, col polo maggiore volto posteriormente e con l'asse principale situato nel piano sagittale mediano;

dalla faccia inferiore dell'ovoide (fig. 188), un po' al davanti del polo posteriore, si diparte un grosso peduncolo, il *mielencefalo* (*k*), che si continua con la midolla spinale.

Avendo la forma suddetta, dovremo distinguere nell'encefalo la convessità o *volta encefalica* (fig. 187) che ha una superficie la quale grossolanamente corrisponde alla concavità della volta cranica, e la parte inferiore o *base encefalica* che presenta tre sporgenze (fig. 188) corrispondenti alle tre fosse della base del cranio.

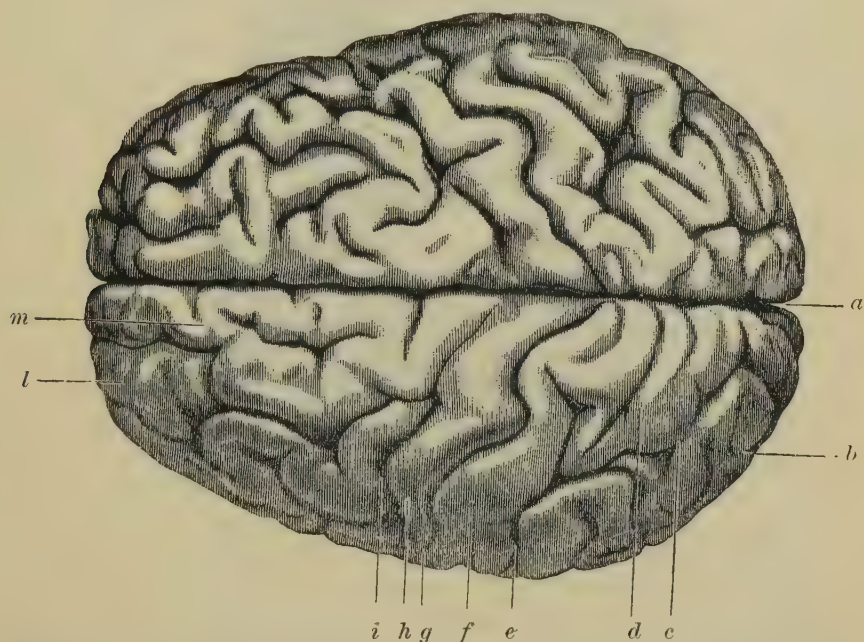


Fig. 187 — Volta dell'encefalo (sec. Henle-Merkel). — *a*, fessura interemisferica e polo occipitale; *c*, *e*, *g*, *i*, scissure e solchi; *b*, *d*, *f*, *h*, *l*, *m*, circonvoluzioni cerebrali.

La volta e la base dell'encefalo si continuano senza alcun limite l'una con l'altra. Le estremità dell'ovoide encefalico si chiamano *poli*; riferendosi alla loro posizione si dà il nome di *polo frontale* all'anteriore e di *polo occipitale* al posteriore.

La volta encefalica è percorsa lungo il piano sagittale mediano da una profonda fessura (fig. 187, *a*), che chiamasi *fessura encefalica sagittale* o *fessura interemisferica*, la quale oltrepassando i poli dell'ovoide encefalico si estende anche nella base encefalica, come vedremo tra poco. La fessura è profonda in media

4 cm. ed è chiusa per mezzo di un sistema di fibre nervose midollate trasversalmente dirette, che chiamasi *corpo calloso* (fig. 190, *r*). Essa divide la volta encefalica in due metà laterali, una destra e l'altra sinistra, dette *emisferi cerebrali* (fig. 187), e contiene un grosso setto sagittale proveniente dalla dura madre encefalica che chia-

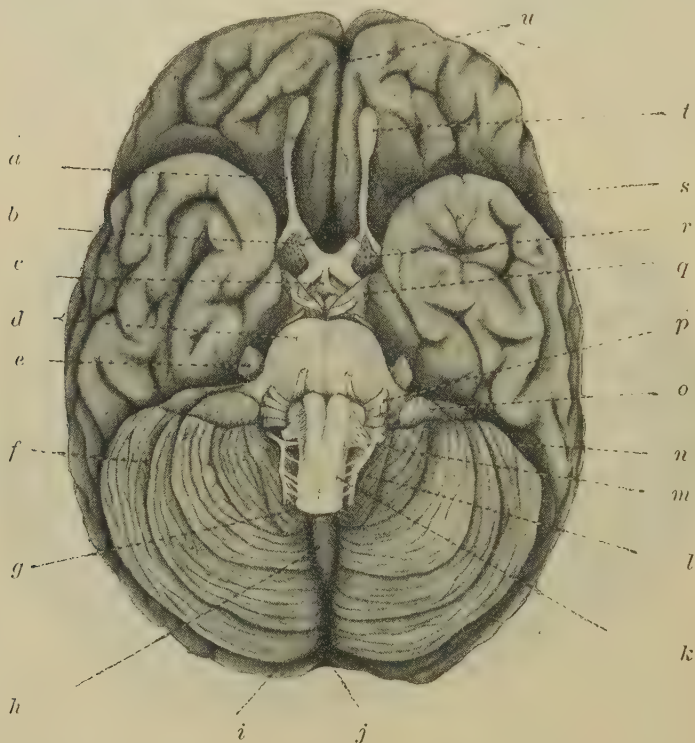


Fig. 188 — Base encefalica ($\frac{1}{2}$ circa della grand. naturale). — *a*, tratto olfattorio; *b*, chiasma ottico; *c*, tubercolo cinereo; *d*, ponte; *e*, nervo trigemino; *f*, cervelletto; *g*, fessura mielo-cerebellare; *h*, verme cerebellare; *i*, *n*, fessura encefalica trasversa; *j*, fessura interemisferica; *k*, mielencefalo; *l*, nervo spinale; *m*, nervo ipoglosso; *o*, flocculo; *p*, nervi facciale, acustico, intermedio, glosso-faringeo, vago; *q*, peduncoli cerebrali; *r*, area perforata anteriore; *s*, scissura laterale (del Silvio); *t*, bulbo olfattorio; *u*, fessura interemisferica.

masi *false cerebrali*; questo setto divide quindi la volta della cavità durale in due metà, ciascuna delle quali contiene un emisfero cerebrale. La volta encefalica è poi resa irregolare da una grande quantità di depressioni che si distinguono a seconda dell'importanza loro in *scissure*, in *solchi* ed in *incisure*, e che hanno decorso molto complicato (fig. 187); tra queste depressioni trovansi numerose sporgenze, ad andamento tortuoso, che hanno il

nome di *circonvoluzioni cerebrali*. Le pareti della scissura interemisferica presentano il medesimo aspetto della superficie degli emisferi cerebrali (fig. 190). La volta encefalica è tutta quanta costituita da sostanza grigia, la quale si ripiega nel fondo delle depressioni sopra ricordate, tranne che nel fondo della scissura interemisferica ove trovasi, come sopra dicemmo, della sostanza bianca (corpo calloso); la sostanza grigia costituisce nella volta encefalica uno strato continuo, che ha in media lo spessore di cm. 2.5 e che chiamasi *corteccia cerebrale*.

La base dell'encefalo (fig. 188) è molto più complicata della volta. Infatti è costituita da una piccola porzione longitudinale impari e mediana, formata da sostanza bianca, a cui sono posteriormente appese delle grandi masse di colorito grigio, le quali sporgono anche ai lati di essa. La massa impari o *tronco encefalico* è distinta in tre segmenti (fig. 188), uno dei quali, conico, si continua con la midolla spinale ed è il sopra ricordato *mielencefalo* (*k*); uno situato subito al davanti di questo, appare come una sporgenza trasversale di sostanza bianca, e chiamasi *ponte (del Varolio)* (*d*); infine il terzo che si trova al davanti del precedente, è suddiviso in due metà o *peduncoli cerebrali* (*q*) per mezzo di una profonda depressione che ha il nome di *fossa interpeduncolare*, ed esso costituisce il *mesencefalo*. Ai lati ed al davanti del tronco encefalico si allargano delle parti che devono il loro colorito grigio ad uno strato corticale di sostanza grigia. In esse si nota una profonda scissura sagittale mediana (fig. 188, *u*) più lunga in avanti che in dietro; non è altro che la predetta scissura interemisferica la quale, intaccando largamente i poli encefalici, si estende dalla volta nella base dell'encefalo; è più estesa al davanti che al di dietro del tronco encefalico (fig. 188) ed il suo fondo è sempre formato da un sistema di fibre trasversali che seguitano ad avere il nome di *corpo calloso*. Nella base encefalica la scissura interemisferica manca però in corrispondenza della parte media, cioè là ove il mesencefalo si continua con la parte anteriore dell'encefalo; per ciò gli emisferi cerebrali non sono completamente divisi l'uno dall'altro, ma sono fusi oltre che al fondo della scissura interemisferica anche nel tratto nel quale essi si continuano col mesencefalo. Subito davanti al polo occipitale si nota un'altra scissura molto profonda, diretta trasversalmente, che chiamasi *fessura encefalica trasversa* (fig. 188, *i*); essa contiene un grosso setto trasversale,

formato da una ripiegatura della dura madre ed avente il nome di *tenda del cervelletto* (fig. 188, 189); la fessura encefalica trasversa si spinge fino in corrispondenza del mesencefalo (fig. 189) e compare sulla base encefalica ai lati dei peduncoli cerebrali (fig. 188).

Una seconda fessura trasversa, meno accentuata della precedente, è la *fessura mielo-cerebellare* (fig. 188); essa trovasi tra il mielencefalo (*k*) ed il cervelletto (*f*) e termina in corrispondenza della continuazione del cervelletto col ponte. Mentre le



Fig. 189 — Encefalo veduto di lato ($\frac{1}{2}$ della grandezza naturale) secondo Henle e Merkel. — A, cervello; B, cervelletto; c, c, c, circonvoluzioni cerebrali; d, d, d, solchi e scissure.

due fessure trasversali considerate in superficie sono curve con la convessità posteriormente e sono estese da destra a sinistra, al davanti del tronco encefalico si trova un paio di altre fessure trasverse (fig. 188, *s*), che anch'esse sono curve ma hanno la convessità volta anteriormente e che non si continuano in tutta l'estensione della base encefalica, ma ne interessano le sole parti laterali. Hanno il nome di *scissure laterali o del Silvio* e si distinguono in una scissura destra ed in una scissura sinistra; intaccano la sola base degli emisferi cerebrali.

Tra le scissure del Silvio, la scissura interemisferica e la fossa interpeduncolare è interposta un'area di base encefalica nella quale si trovano molte formazioni importanti e cioè due

tubercoli biancastri o *corpi mammillari*, davanti ai quali è una sporgenza mediana grigia o *tubercolo cinereo* (fig. 188, c) che si continua con un sottile peduncolo a cui è appeso un corpicciuolo ovoidale, l'*ipofisi*, che sta accolto nella fossa ipofisaria dello sfenoide; davanti al tubercolo cinereo trovasi una lamina ad x ossia il *chiasma ottico* (b) e davanti al chiasma nel mezzo è una sottile lamina di sostanza bianca che ha il nome di *lamina terminale* ed ai lati trovansi due piccole zone pertugiate che chiamansi *aree perforate anteriori* (r). Nella base di ogni emisfero, davanti alle aree perforate si notano due cordoni bianchi o *tratti olfattori* (a) che terminano con due tubercoli grigi o *bulbi olfattori* (t); insieme a una piccola parte di sostanza grigia della base emisferica costituiscono il *rinencefalo*, cioè un segmento encefalico che è molto cospicuo nei vertebrati osmatici.

B - Conformazione interna

Come la midolla spinale, così anche l'encefalo non è solido, ma presenta nel suo interno un sistema di spazi o *ventricoli encefalici*, comunicanti tra loro per mezzo di *fori* o di *condotti*, e comunicanti anche col canale centrale della midolla spinale; tutti questi spazi intraencefalici sono il residuo delle cavità delle vescicole encefaliche primitive.

Per avere una idea grossolana delle cavità encefaliche potremo esaminare una sezione sagittale mediana dell'encefalo (fig. 190). Si vede in essa che il canale centrale della midolla spinale (a) si continua ininterrotto nel mezzo del mielencefalo, ove prende il nome di *condotto mielencefalico* (b); poi, giunto circa alla metà della lunghezza del mielencefalo, si apre in uno spazio o *quarto ventricolo* (d) che si spinge in alto tra il cervelletto (r) ed il ponte (g); il pavimento di tale ventricolo è sempre solido, perchè costituito dalla base mielencefalica e dal ponte, mentre la volta è grossa solamente nella parte mediana del ventricolo, ove si trova il cervelletto (r), sopra e sotto a quest'organo si presenta invece assai sottile; il tratto di volta posto sopra al cervelletto ha il nome di *velo midollare superiore* (e), quello posto sotto al cervelletto chiamasi *tela corioidea mielencefalica* (c) e presenta nella sua parte più bassa un grosso foro, a contorni frangiati, *foro corioideo o apertura inferiore del quarto ventricolo*, che pone in comunicazione questo ventricolo con lo spazio intraracnoideale.

Dal ventricolo ora ricordato si diparte superiormente un sottile condotto o *acquedotto del cervello* (*acquedotto del Silvio*) (*f*) che attraversa la parte superiore del mesencefalo e termina aprendosi in un'altra cavità, cioè nel *terzo ventricolo* (*i*); questo appare come una grande fessura a forma d'imbuto schiacciato in senso laterale, con la base in alto e l'apice verso la base encefalica. La volta del terzo ventricolo è formata da una sottile lamina endimale che ha il nome di *tela corioidea del terzo ventricolo* (*m*); essa rimane separata da un cospicuo sistema di fibre trasversali che è il già ricordato *corpo calloso* (*n*) e da un sistema di

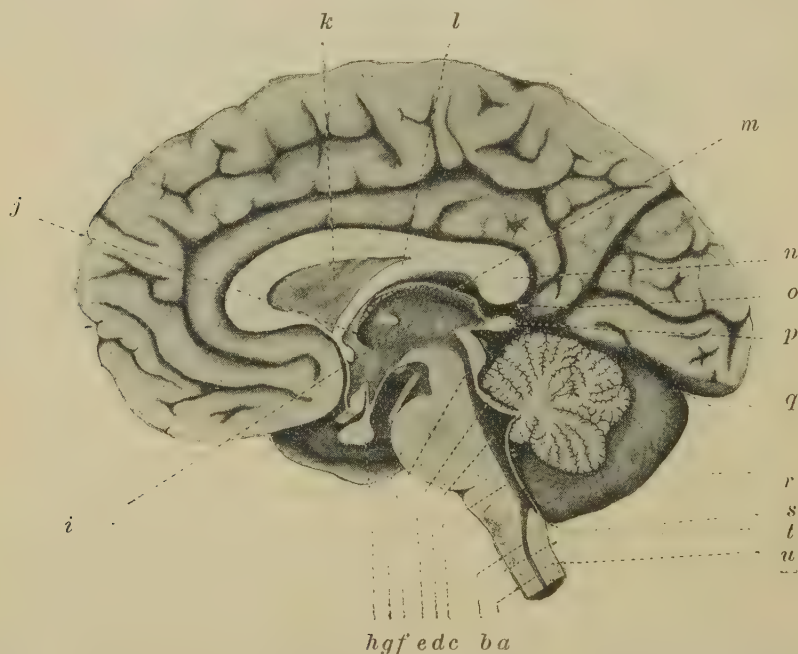


Fig. 190 — Sezione sagittale mediana dell'encefalo ($\frac{1}{2}$ della grand. natur.). — *a*, canale centrale della midolla spinale; *b*, condotto mielencefalico; *c*, tela corioidea mielencefalica; *d*, quarto ventricolo; *e*, velo midollare superiore; *f*, acquedotto cerebrale; *g*, ponte; *h*, ipofisi; *i*, talamo ottico e terzo ventricolo; *j*, foro interventricolare (del Monro); *k*, setto lucido; *l*, trigono; *m*, tela corioidea del terzo ventricolo; *n*, corpo calloso; *o*, grande scissura cerebrale (del Bichat); *p*, epifisi; *q*, fessura encefalica trasversale; *r*, cervelletto; *s*, fessura mielo-cerebellare; *t*, limite tra l'encefalo e la midolla spinale; *u*, midolla spinale.

fibre longitudinali intimamente riunito ad esso che chiamasi *fornice* (*l*), per mezzo di una fessura trasversale, la quale si apre alla superficie subito sopra al mesencefalo ed al cervelletto (*r*) e sbocca quindi nel fondo della scissura encefalica trasversale (*q*)

che sopra abbiamo ricordato; a questa nuova fessura, per mezzo della quale la tenue meninge insieme a vasi sanguiferi penetra sotto al corpo calloso ed al trigono e sopra alla volta del terzo ventricolo, si dà il nome di *grande scissura cerebrale* (del Bichat (*o*), ed in essa sporge un corpicciuolo proveniente dalla volta ventricolare che è il *corpo pineale od epifisi* (*p*). L'apice del terzo ventricolo fa sporgere la base encefalica, che è molto sottile in corrispondenza di esso, producendo il *tubercolo cinereo*, del quale abbiamo fatto menzione studiando la conformazione esterna dell'encefalo. Nelle pareti ventricolari sporgono lievemente due masse di sostanza grigia o *talami ottici* (*i*) ed al davanti di essi trovansi due fori, uno per ogni lato, che hanno il nome di *fori interventricolari o del Monro* (*j*). Ognuno di questi fori conduce in una lunga e stretta cavità che è contenuta nel corrispondente emisfero cerebrale e che chiamasi *ventricolo laterale*; si hanno quindi due ventricoli laterali, uno destro e l'altro sinistro.

Adunque nell'encefalo abbiamo complessivamente quattro ventricoli, cioè i due ventricoli laterali (1), il terzo ventricolo ed il quarto ventricolo, i quali comunicano tra loro rispettivamente per mezzo dei fori del Monro e dell'acquedotto del cervello; inoltre comunicano con il canale centrale della midolla per mezzo del condotto mielencefalico e con lo spazio intraracnoidale per mezzo del foro coroideo.

Nella sezione sagittale mediana si vede poi come anche l'encefalo sia costituito da sostanza grigia e da sostanza bianca, le quali sostanze hanno macroscopicamente il medesimo aspetto di quelle della midolla spinale.

Nel tronco encefalico (fig. 191) la sostanza bianca trovasi generalmente alla periferia e la sostanza grigia in parte la circonda con un sottile strato corticale ed in parte costituisce degli accumuli entro agli organi che lo formano; per conseguenza la disposizione delle due sostanze assomiglia sotto questo punto di vista a quella della midolla spinale, ove pure trovammo abbondante sostanza grigia interna, pochissima sostanza grigia e-

(1) Nella moderna nomenclatura anatomica dei ventricoli si è conservata in parte la nomenclatura dei Sec. XV e XVI; chiamavansi allora *ventriculus primus* il ventricolo laterale destro, *ventriculus secundus* il ventricolo laterale sinistro, *ventriculus tertius* e *ventriculus quartus* quelli che anche oggi vengono denominati così.

sterna, ed un grosso strato di sostanza bianca tra esse. Però nel tronco encefalico la sostanza grigia interna non forma più un solo accumulo situato attorno all'ependima della cavità centrale, ma si fraziona in una parte che rimane a circondare l'ependima ed in una parte che si trova immersa nella sostanza bianca, essendo indipendente tanto dalla sostanza grigia periependimale come da quella superficiale; e questa parte indipendente di sostanza grigia è suddivisa in parecchi accumuli distinti o *nuclei grigi* (fig. 191).



Fig. 191 — Sezione trasversale del mielencefalo (coloraz. col metodo del Weigert, col quale la sostanza grigia rimane poco colorata ed intensamente si colora la sostanza bianca). — *a, b, d, e, g, h, i*, sostanza grigia: *c, f, l*, sostanza bianca.

Nel cervello e nel cervelletto (fig. 192) si trova invece una disposizione totalmente diversa. La sostanza grigia periependimale è ridotta generalmente ad uno strato esilissimo, prodotto quasi da solo tessuto gliale; la sostanza grigia superficiale costituisce uno strato molto rilevante (*corteccia cerebrale e cerebellare*) che riveste la superficie degli organi suddetti, introflettendosi in

quasi tutte le depressioni che le rendono così complicate; infine nell'interno della sostanza bianca si formano dei grossi nuclei di sostanza grigia, alcuni dei quali sono perfettamente isolati mentre altri si fondono con la scarsa sostanza periependimale facendola sporgere verso i ventricoli encefalici.

§ 3

Nervi encefalici

Dall'encefalo originano parecchi nervi (fig. 187) che si chiamano quindi *nervi encefalici* (1); tutti fuoriescono dalla base encefalica eccetto un paio, cioè i *nervi patetici*, che hanno la loro origine apparente nella faccia posteriore del mesencefalo e quindi al fondo della fessura encefalica trasversa (fig. 190, q).

Per vecchia tradizione si ammette che i nervi encefalici siano 12 paia (2); questa opinione non ha però alcun fondamento ed è strano che gli Anatomici non si siano ancora decisi

(1) Erroneamente sono chiamati *nervi cerebrali*; difatti essi non originano che in piccola parte dal *cervello*, mentre per la massima parte provengono dal resto dell'*encefalo*.

(2) Vesalio, seguendo il concetto galenico, ammetteva *sette* nervi encefalici, ma però aveva dei dubbi a tale riguardo: « Porro nervi omnes a cerebro, illoque dorsalis medullae initio pronati, quia geniculatim in calvariae cavitate, qua cerebrum continetur, originem ducunt, Latinis nervorum *paria seu coniugia*, Graecis autem *ἑξῶν* nuncupantur; quae Marini ac denum Galeni etiam suffragiis, septena enumerantur; quamvis, si accurate singula expendimus, plura etiam censerì possint » (De corporis humani fabrica, l. IV, c. 2).

Il seguente distico indicava la funzione dei singoli nervi:

Optica prima, oculos movet altera, tertia gustat

Quartaque, quinta audit, vaga sexta est, septima linguae.

Però già il Massa (1536) portò ad otto il numero delle paia dei nervi encefalici, aggiungendovi gli olfattori; il Colombo lo aumentò a nove, Th. Bartholin a dieci e lo ridusse di nuovo a nove il Willis.

A titolo di curiosità riporto qui alcuni versi latini che venivano appresi a mente nelle nostre Scuole anatomiche alla metà del secolo scorso per ricordare le 12 paia di nervi che ancor oggi si descrivono:

Nervorum capitis ducit *olfactorius* agmen;

Succedit *cernens*, *oculosque movens*, *patiensque*,

Trifidus, *abducens*, *facialis*, *acusticus*, inde

Glossopharyngeus, deinceps *vagus* atque *recurrens*.

Bis *seni* ut fiant, *hypoglosso* clauditur agmen.

ad abbandonarla. Infatti le due prime paia non sono costituite da *nervi* nello stretto senso del vocabolo, cioè da cordoni paragonabili per struttura, sviluppo e significato ai nervi spinali; il

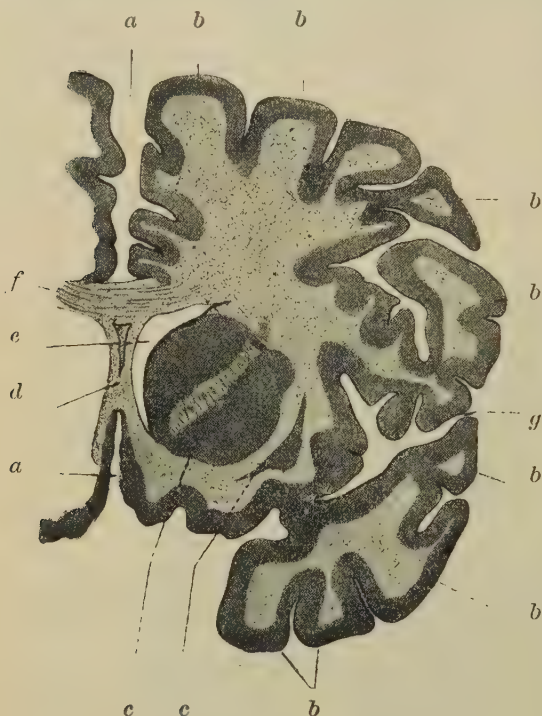


Fig. 192 — Sezione trasversale del cervello. — *a*, *a*, fessura interemisferica; *b*, *b*, corteccia cerebrale; *c*, *c*, nuclei grigi profondi; *d*, setto lucido; *e*, ventricolo laterale; *f*, corpo calloso; *g*, scissura laterale (del Silvio).

primo paio, formato dai *nervi olfattori*, è paragonabile alle radici posteriori dei nervi spinali, ma ne differisce per la struttura; il secondo paio è costituito dai *nervi ottici* che sono *b* estroflessioni dell'encefalo e non hanno nulla di comune coi nervi spinali. Quindi se si volesse attenersi strettamente al significato della parola *nervo*, dovremmo dire che dall'encefalo originano 10 paia di *b* nervi ed un paio di radici nervose sensitive (nervi olfattori), e non dovremmo classificare i *b* nervi ottici tra i nervi.

Ma tra le paia che così restano, ve ne sono alcune che erroneamente

vengono considerate come un solo nervo; così l'intermedio ed il facciale, che invece di esser parti di un solo nervo (come li considera la divisione classica), sono due nervi anatomicamente e fisiologicamente diversi; altrettanto deve dirsi per il nervo acustico, che è formato da due nervi provenienti da organi di senso diversi, cioè dal nervo vestibolare che trae origine dall'organo dell'equilibrio (nervo statico dell'anatomia comparata) e dal nervo cocleare che deriva dall'organo dell'audizione.

Non volendo portare troppe innovazioni (alle quali certamente si dovrà venire in seguito in base alla conoscenza del significato dei vari nervi encefalici) noi li studieremo nel seguente

ordine e coi seguenti nomi: *n. ipoglosso, n. spinale, n. vago, n. glosso-faringeo, n. vestibolare, n. cocleare, n. intermedio, n. facciale, n. abducente, n. trigemino, n. patetico, n. oculomotore, n. ottico, n. olfattivo.*

Così conserviamo tra i nervi encefalici l'ottico e l'olfattivo sebbene non siano nervi e dividiamo il facciale dall'intermedio ed il cocleare dal vestibolare.

L'elenco dei nervi fatto nel senso ora indicato è il solo razionale, perchè esamina i nervi andando dal mielencefalo al telencefalo nell'ordine secondo il quale si deve esaminare la morfologia e la struttura dell'encefalo; in generale però i trattatisti seguono l'ordine inverso, cioè cominciano dall'olfattivo per terminare coll'ipoglosso, e lo fanno perchè non hanno saputo liberarsi dall'ordinamento antico; e perciò chiamano anche I° paio i nervi olfattivi, II° paio i nervi ottici, e così via di seguito fino a che indicano come XII paio i nervi ipoglossi, adottando la terminologia antica per quanto essa sia irrazionale.

Anche nei nervi encefalici dovremo studiare una *origine apparente* ed una *origine reale*; l'anatomia dei singoli nervi sarà trattata insieme a quella dei segmenti che li originano.

Riguardo alla funzione i nervi encefalici si dividono in *motori*, in *sensitivi* ed in *misti*; sono motori l'ipoglosso, lo spinale, il facciale, l'abducente, il patetico e l'oculomotore; sono sensitivi il vestibolare, il cocleare, l'ottico e l'olfattivo; sono misti gli altri. Riguardo però ai nervi che abbiamo indicato come esclusivamente motori, è molto probabile che essi non lo siano nello stretto senso del vocabolo, contenendo fibre della sensibilità muscolare (Herrick); però oggi noi non sappiamo ancora dove tali fibre decorrano e poichè esse proverrebbero dai soli organi del movimento (muscoli), potremo così conservare l'appellativo di *motori* ai nervi predetti.

Rispetto al significato morfologico (cfr. a pg. 123) i nervi encefalici si distinguono in *somatici, viscerali* o *misti* (cioè formati da fibre somatiche e da fibre viscerali); appartengono ai nervi motori somatici l'ipoglosso, il facciale, l'abducente ed il trocleare; ai nervi sensitivi somatici il vestibolare, l'acustico, l'ottico e l'olfattorio che sono nervi di sensibilità speciali; i nervi spinale ed oculomotore sono nervi motori misti, cioè somatici e viscerali; il vago è un nervo somatico misto ed anche viscerale misto; il glosso-faringeo è motore somatico e sensitivo viscerale; l'intermedio è motore viscerale e sensitivo somatico; il trigemino infine è un nervo somatico misto.

§ 4

Sviluppo generale e divisione dell'encefalo

Nello studiare lo sviluppo del sistema nervoso centrale abbiamo veduto che la doccia neurale, ancora prima di chiudersi per produrre il tubo neurale, si mostra formata da due segmenti, uno posteriore un po' lungo e più stretto che è l'*abbozzo della midolla spinale*, e l'altro anteriore, corto e largo, che costituisce l'*abbozzo dell'encefalo* (cfr. a pg. 94); abbiamo anche osservato che questo abbozzo presenta tre depressioni, situate l'una dopo l'altra, le quali hanno i nomi di *prosencefalo*, di *mesencefalo* e di *rombencefalo* (cfr. pg. 89 e fig. 50). Negli embrioni dei cranioti inferiori (ciclostomi, pesci), nei quali lo sviluppo del sistema nervoso centrale avviene in modo più graduale che nei mammiferi, lo stadio suddetto è preceduto da uno stadio più semplice, nel quale l'abbozzo dell'encefalo viene costituito da due sole dilatazioni della doccia neurale, una anteriore od *archiencefalo* e l'altra posteriore o *deuteroencefalo*; la prima rappresenta l'encefalo primordiale, la seconda invece non è altro che la porzione craniale della midolla spinale profondamente modificata (Sterzi, 1907). Queste due porzioni permangono per tutta la vita negli acrani; nei cranioti invece il deuteroencefalo si suddivide in due porzioni secondarie, che sono il mesencefalo ed il rombencefalo, e così si giunge a quello stadio che si può anche osservare nell'embrione umano e che sopra abbiamo ricordato.

L'archiencefalo è situato al davanti della estremità craniale della *corda dorsale*, cioè di quella colonnina che precede lo sviluppo della colonna vertebrale e della parte posteriore del cranio primordiale; invece il deuteroencefalo è posto dorsalmente alla corda; per conseguenza l'archiencefalo si può anche chiamare *cervello precordale*, il deuteroencefalo *cervello cordale* (Sterzi). Questi rapporti tra abbozzo encefalico e corda dorsale sono costanti in tutta la serie dei cranioti; negli acrani (*Amphioxus*) la corda dorsale si estende anche sotto all'archiencefalo e lo oltrepassa, arrivando all'apice del rostro, e per ciò in essi l'encefalo è tutto quanto cordale (Sterzi).

Col progredire dello sviluppo la doccia neurale si chiude in seguito al processo descritto a pg. 90, e la chiusura incomincia nella futura regione cervicale per estendersi poi verso l'estremità caudale e verso l'encefalo; nell'embrione umano lungo mm. 2.11 (fig. 52) la fusione ha già invaso il rombencefalo e nell'embrione

lungo mm. 3.2 (3 settimane dalla fecondazione) si è estesa a tutto l'abbozzo encefalico, e non rimane aperto altro che un piccolo foro, che rappresenta l'estremità del tubo neurale e che si chiama *neuroporo anteriore* (cfr. a pg. 92; fig. 193). A questo momento il prosencefalo, il mesencefalo ed il rombencefalo si sono trasformati in 3 *vescicole* contenenti delle cavità; queste rispettivamente chiamansi *ventricolo prosencefalico*, *mesencefalico* e *rombencefalico*, ed esse comunicano tra loro e col

tubo midollare (fig. 193). Ma mentre avviene la chiusura della doccia neurale, si osserva pure che il prosencefalo si piega ad angolo quasi retto

sul rombencefalo (fig. 193) e che il mesencefalo si trova in corrispondenza della piegatura; questa, che ha il nome di *piega encefalica anteriore*, è dovuta al fatto che la volta del mesencefalo cresce in lunghezza più della sua base.

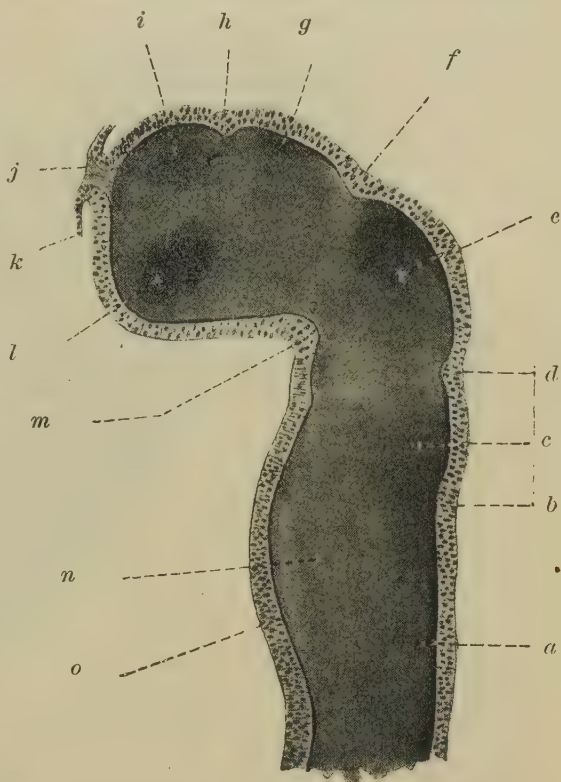


Fig. 193 — Sezione sagittale mediana dell'abbozzo encefalico di un embrione umano lungo mm. 3,5 (modello da una ricostruzione plastica). — a, mielencefalo; b, solco mielo-metencefalico; c, mesencefalo; d, solco rombo-mesencefalico; e, mesencefalo; f, solco meso-prosencefalico; g, diencefalo; h, solco diencefalo-telencefalico; i, telencefalo; j, neuroporo; k, ectoderma; l, vescicola ottica; m, piegatura ventrale e solco rombo-infundibolare; n, rombencefalo; o, piegatura del ponte.

Alla superficie dell'abbozzo encefalico si osservano tre solchi trasversalmente diretti, che limitano tra loro le vescicole (fig. 193); sono bene manifesti nella volta e meno accentuati nelle pareti laterali ove si vedono convergere verso il solco prodotto dalla piegatura encefalica suddetta; chiamasi *solco rombo-mesencefalico* (*d*) quello tra il rombencefalo (*m*) ed il mesencefalo (*e*), *solco meso-prosencefalico* (*f*) quello tra il mesencefalo ed il prosencefalo e *solco rombo-infundibolare* (*m*) quello prodotto sulla base encefalica dallo piegatura anteriore (1). Ai solchi corrispondono delle sporgenze verso le cavità delle vescicole (fig. 193) e tali pieghe si chiamano rispettivamente *piega rombo-mesencefalica*, *piega meso-prosencefalica* e *piega ventrale* (2).

Col progredire dello sviluppo il neuroporo anteriore si chiude ed avvengono importanti modificazioni nell'abbozzo dell'encefalo. Infatti negli embrioni umani lunghi circa 7 mm. (tra la terza e la quarta settimana dalla fecondazione) si nota che sono comparsi due nuovi solchi trasversali nella volta dell'encefalo, e cioè uno nella volta del rombencefalo (figg. 194-195, *m*) che chiameremo *solco mielo-metencefalico*, e l'altro nella volta prosencefalica (*m'*) che merita il nome di *solco diencefalo-telencefalico*. Entrambi questi solchi cominciavano già ad osservarsi negli embrioni di 3 settimane (fig. 193), ma ora si sono resi più profondi; lo sviluppo dei cranioti inferiori dimostra poi molto chiaramente trattarsi di solchi che compaiono dopo quelli descritti sopra (Sterzi, 1907-912). E questi nuovi solchi danno anch'essi origine a pieghe sporgenti verso le cavità encefaliche, che chiameremo rispettivamente *piega mielo-metencefalica* (fig. 194, *m*) e *piega diencefalo-telencefalica* (*m*). I solchi e le pieghe si estendono dalla volta nelle pareti dell'abbozzo encefalico e così il solco e la piega mielo-metencefalica finiscono per suddividere il rombencefalo in due nuove vescicole che sono il *mielencefalo* (fig. 194-195, *j*) ed il *metencefalo* (*n*); e parimenti il solco e la piega diencefalo-telencefalica suddividono il prosencefalo nel *diencefalo* (*c*) e nel *telencefalo* (*d*).

(1) Queste denominazioni hanno la loro ragione nel significato anatomico-comparativo; le introdussi nello studiare lo sviluppo encefalico dei cranioti inferiori (cfr. Sterzi 1907, 1909, 1912), ed ora le estendo allo sviluppo dell'encefalo umano.

(2) Vedi nota precedente.

In tal guisa l'abbozzo encefalico viene ad essere costituito da cinque vescicole contenenti i loro rispettivi ventricoli, e cioè, andando dall'innanzi all'indietro e dall'alto al basso, dal *telencefalo* (fig. 194, *d*), dal *diencefalo* (*c*), dal *mesencefalo* (*a*), dal *metencefalo*

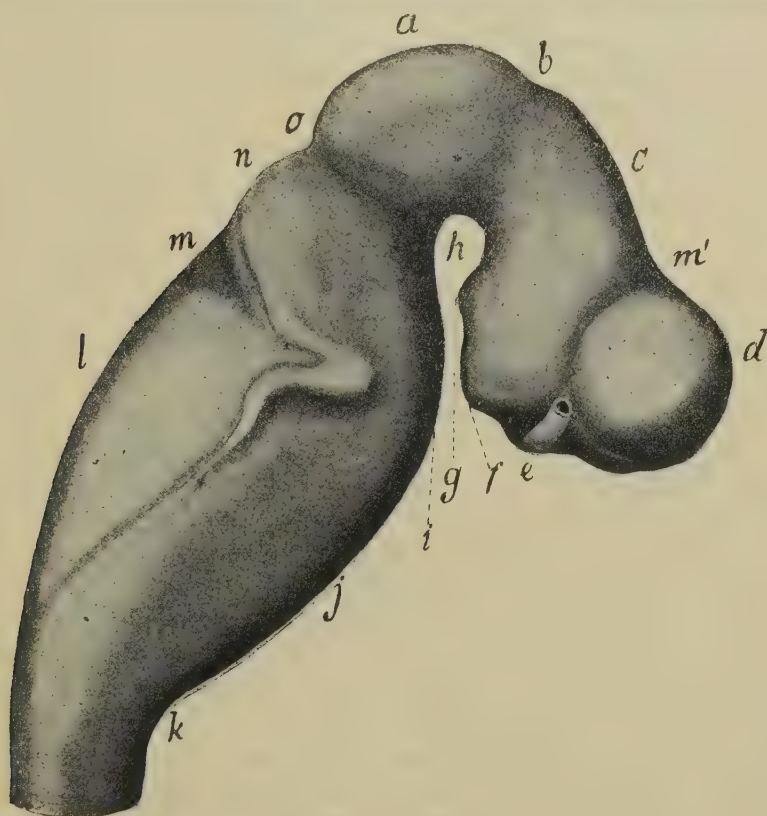


Fig. 194 — Encefalo di un embrione umano lungo 7 mm, visto dal lato destro (il peduncolo ottico è sezionato). Modello da ricostruzione plastica; ingrand. = 80 D. — *a*, mesencefalo; *b*, solco meso-prosencefalico; *c*, diencefalo; *d*, telencefalo; *e*, peduncolo ottico; *f*, sporgenza del recesso infundibolare; *g*, sporgenza del seno superiore dell'infundibolo; *h*, fessura rombo-infundibolare; *i*, piega del ponte; *j*, mielencefalo; *k*, piega nucale; *l*, tela corioidea mielencefalica; *m*, solco mielo metencefalico; *m'*, solco diencefalo-telencefalico; *n*, metencefalo; *o*, solco rombo-mesencefalico.

(*n*) e dal *mielencefalo* (*j*). Intanto che si compiono queste trasformazioni, la piega encefalica ventrale è divenuta più accentuata e quindi si è fatto più profondo il solco che la produce, in modo che esso si è ora trasformato nella *fessura rombo-infundibolare* (fig. 194, *h*). Oltre a questa piegatura dell'asse encefalico, si è

resa molto manifesta una seconda piegatura, la quale cominciava già ad essere riconoscibile negli embrioni di tre settimane (fig. 193); è la *piegatura del ponte* (fig. 194 e 195, *i*). La si trova nella base encefalica, tra il mielencefalo ed il metencefalo, ed ha questo nome perchè in corrispondenza di essa la base metencefalica dà origine al ponte del Varolio; la piegatura al suo primo comparire (fig. 193) sembra indipendente dal solco mielo-metencefalico (*b*), ma negli embrioni più avanzati (figg. 194-195) si vede chiaramente dipendere dal solco predetto (*m*). Infine, nel limite tra il mielencefalo e la midolla spinale si osserva ora una terza piega, la *piega nucale* (fig. 194, *k*); che è formata dall'incontrarsi ad angolo molto ottuso ed aperto in avanti dell'asse midollare con l'asse mielencefalico; anche questa piega era già accennata nello stadio di tre settimane. Così adunque negli embrioni umani di 3-4 settimane l'asse dell'encefalo è incurvato come quello di un uncino per effetto delle tre piegature ora descritte; e ciò dipende dal fatto che esso si allunga rapidamente mentre non fanno altrettanto i tessuti che lo circondano e perchè l'accrescimento in lunghezza non è uniforme in tutte le sue pareti. Come conseguenza diretta dell'aumentato incurvamento dell'asse encefalico si nota che la volta del mesencefalo costituisce l'estremità anteriore dell'abbozzo encefalico (fig. 194-195).

Nello stadio ora descritto le singole vescicole encefaliche mostrano già alcuni particolari sui quali è necessario richiamare l'attenzione, per la grande importanza che essi prendono nello sviluppo ulteriore. Il *mielencefalo* (fig. 194-195, *j*) mostra la parte anteriore e le pareti laterali più spesse dalla volta (*l*), la quale è formata da un sottile strato di cellule epiteliali; da questa si produce infatti la *tela coroidea mielencefalica*, mentre la base e le pareti laterali inspessendosi formano la *midolla allungata o bulbo*; inoltre nel *ventricolo mielencefalico*, proprio in corrispondenza della piega mielo-metencefalica (fig. 195, *s*), si osserva una piccola depressione semiellittica, con l'asse maggiore diretto perpendicolarmente all'asse del mielencefalo, la quale rappresenta il *solco intraencefalico posteriore*, che è molto manifesto nei cranioti inferiori (ciclostomi, selaci) ed ha un significato molto oscuro (Sterzi 1907, 1912). Il *metencefalo* (fig. 194, *n*) ha già inspessita la base e la parte anteriore delle pareti laterali e della volta; dalla prima vedremo formarsi il *ponte del Varolio*, dalla seconda il *cervelletto*; il *ventricolo metencefalico* non mostra nulla di notevole. Il *mesence-*

falo (fig. 194, *a*) ha uguali la volta e la base. Il *diencefalo* (fig. 194, *c*) è costituito da due porzioni, una posteriore più stretta e l'altra anteriore più larga; la prima chiamasi *sinencefalo* (fig. 195, *c*) e la seconda *parencefalo* (*c'*), ed entrambe corrispondono a due segmenti diencefalici che si osservano nello sviluppo di tutti i cra-

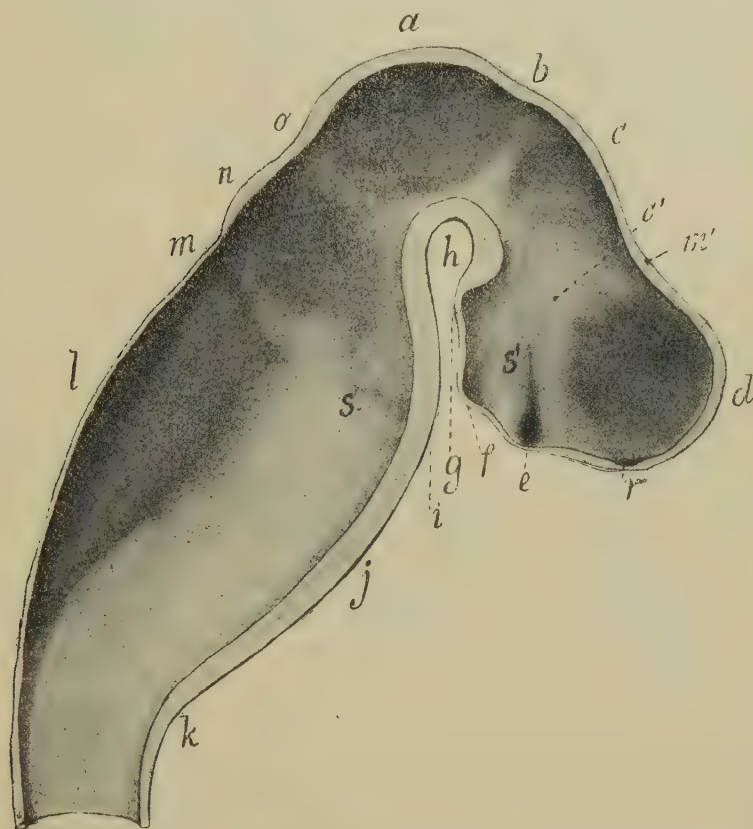


Fig. 195 — Lo stesso modello della fig. 194 sezionato sagittalmente. — Lettere e spiegazioni come nella fig. 194; *s*, solco intraencefalico posteriore; *s'*, solco intraencefalico anteriore; *c*, sinencefalo; *c'*, parencefalo e talamo ottico; *r*, recesso neuroporico.

nioti e che sono molto manifesti nei ciclostomi e nei selaci (cfr. Sterzi, 1907, 1912). Le pareti laterali del diencefalo si inspessiscono e da esse si formeranno i *talami ottici* (*c'*); la volta è uniforme e non molto sottile; la base, specialmente sottile nella porzione parencefalica (fig. 195), mostra due depressioni, che per le loro omologie con depressioni simili che si osservano nello sviluppo dei vertebrati inferiori (ciclostomi, pesci) chiameremo coi

nomi di *seno superiore dell'infundibolo* (*q*) e di *recesso infundibolare* (*f*). Nel ventricolo diencefalico si nota poi un solco trasversale, situato subito dietro alla piega diencefalo-telencefalica (fig. 195, *s'*); per la sua omologia col solco omonimo dei cranioti inferiori (cfr. Sterzi, 1907, 1912) lo chiameremo *solco intraencefalico anteriore*, osservando che esso termina inferiormente conducendo in un condotto, il *condotto ottico* (fig. 195, *e*) che è contenuto in una estroflessione della parete diencefalica, la quale ha il nome di *peduncolo ottico* (fig. 194, *e*) e termina con una vescicola che è la *vescicola ottica*; da questa originerà la retina dell'occhio e dal peduncolo il *nervo ottico*, che dunque non è affatto un nervo nello stretto senso del vocabolo, come già abbiamo asserito (cfr. a pg. 340). Il *telencefalo* (fig. 195, *d*) presenta una leggiera depressione nella sua parete anteriore, corrispondente al luogo ove nello stadio precedente si trovava il neuroporo (fig. 193, *j*); per ciò le daremo il nome di *recesso neuroporico* (fig. 195, *r*), avvertendo che anch'esso è molto manifesto nei cranioti inferiori (Sterzi, 1907, 1912); inoltre le pareti laterali del telencefalo nella loro metà inferiore si inspessiscono e costituiscono così i *corpi striati*, mentre nella metà superiore si estroflettono, formando in tal guisa gli abbozzi delle *vescicole emisferiche* (fig. 194, *d*).

Riassumendo adunque lo sviluppo del sistema nervoso centrale dalla sua prima comparsa fino alla fine della 4^a settimana, potremo rappresentarlo con la seguente tabella:

TUBO NEURALE	Encefalo	Archiencefalo	Prosencefalo	Telencefalo	Solco diencefalo-telencefalico
				Diencefalo	
			Mesencefalo	Mesencefalo	» rombo-mesencefalico
		Deuteroencefalo	Rombencefalo	Metencefalo	» mielo-metencefalico
				Mielencefalo	
				Midolla spinale	Midolla spinale

La divisione dell'abbozzo encefalico in cinque vescicole costituisce la base della divisione dell'encefalo definitivo; questo si può distinguere in cinque segmenti, che hanno i medesimi nomi delle vescicole suddette.

Nello sviluppo ulteriore dell'encefalo si nota che mentre il mielencefalo ed il mesencefalo rimangono sempre bene distinti gli uni dagli altri, invece il diencefalo ed il telencefalo accrescendosi si fondono insieme in modo da costituire una massa unica, la quale forma la parte principale dell'encefalo definitivo; ad essa si dà il nome di *cervello*. La costituzione del cervello dipende sopra tutto dalle modificazioni che avvengono durante lo sviluppo nella vescicola telencefalica (fig. 196-199); infatti essa

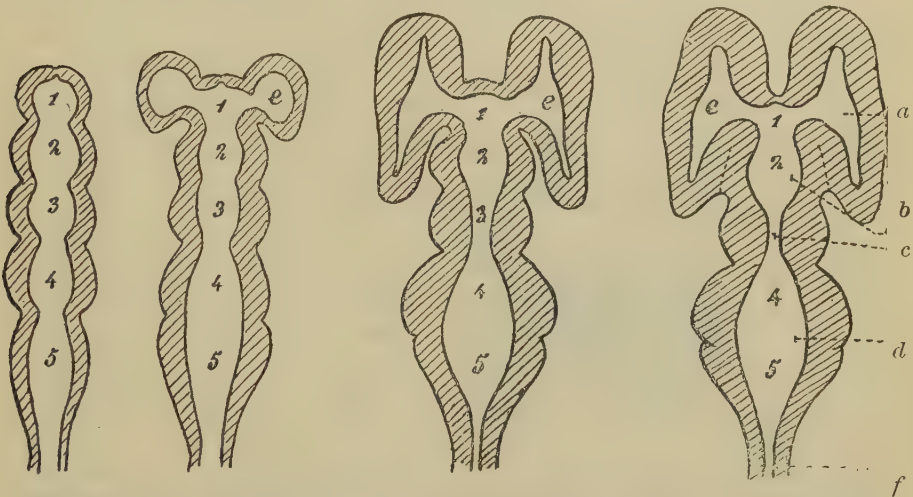


Fig. 196 - 199 — Sezioni orizzontali schematiche dell'abbozzo encefalico a vario stadio per dimostrare le principali modificazioni che avvengono nelle vescicole dell'encefalo. — 1, telencefalo; 2, diencefalo; 3, mesencefalo; 4, metencefalo; 5, mielencefalo; a, ventricolo laterale; b, terzo ventricolo; c, acquedotto del cervello; d, quarto ventricolo; e, vescicole emisferiche; f, condotto mielencefalico.

(1), che da principio (fig. 196) presenta una forma abbastanza regolare, in seguito si estroflette nella metà superiore delle sue pareti laterali e così vengono a prodursi due diverticoli cavi (fig. 197, e) che sporgono ad ogni lato della vescicola telencefalica impari (1), col ventricolo della quale comunicano per mezzo di un orifizio per ciascuna; le vescicole laterali si chiamano *vescicole emisferiche*, le loro cavità hanno il nome di *ventricoli laterali*, i fori per mezzo dei quali questi ventricoli comunicano col ventricolo telencefalico impari sono i *fori interventricolari o del Monro*.

Progredendo lo sviluppo (fig. 198) le vescicole emisferiche (*e*) si allungano e così vengono ad addossarsi sulla vescicola diencefalica (2); anche i ventricoli laterali si allungano e mostrano speciali curvature. Da ultimo (fig. 199) le vescicole emisferiche (*e*) si fondono con la vescicola diencefalica (2) nei punti di contatto e così viene a costituirsi il *cervello*; il solco interposto tra le vescicole emisferiche diventa allora la *scissura interemisferica* e nel suo fondo compaiono quegli speciali organi che abbiamo indicato coi nomi di *corpo calloso* e di *fornice*.

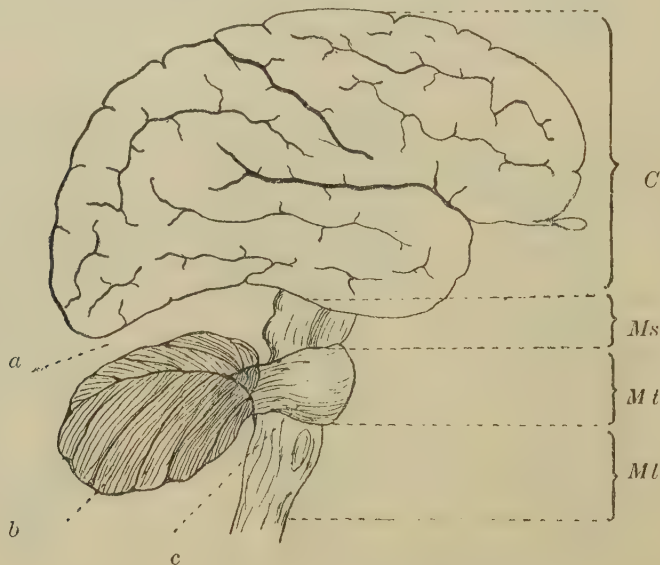


Fig. 200 — Le quattro porzioni dell'encefalo definitivo (Schema). — *C*, cervello; *Ms*, mesencefalo; *Mt*, metencefalo; *Ml*, mielencefalo; *a*, fessura encefalica trasversa; *b*, cervelletto; *c*, ponte.

La costituzione del cervello si accompagna a notevoli modificazioni nei ventricoli delle vescicole encefaliche (fig. 196-199). Si nota infatti che il ventricolo mesencefalico (3) gradatamente si restringe durante lo sviluppo, così da trasformarsi in un condotto che è l'*acquedotto cerebrale* (*del Silvio*) dell'encefalo adulto. Il ventricolo diencefalico (2) insieme al ventricolo telencefalico impari (1) costituisce una sola cavità impari e mediana del cervello che è il *terzo ventricolo* ($1 + 2$), nella quale devesi distinguere una *porzione telencefalica* (1) coi fori del Monro ed una *porzione diencefalica* (2) in cui si apre l'acquedotto del Silvio (cfr. a pg 336). Il ventricolo metencefalico (4) insieme al segmento anteriore del ventricolo

mielencefalico (5) forma pure una sola cavità impari che è il *quarto ventricolo* (4 + 5); invece il segmento posteriore del ventricolo mielencefalico si trasforma nel *condotto mielencefalico* (f) che pone in comunicazione il canale centrale della midolla spinale col quarto ventricolo.

Vedute così per sommi capi le principali modificazioni che si producono nell'abbozzo encefalico durante lo sviluppo, se ora esaminiamo un encefalo adulto (fig. 200) ci è facile riscontrare in esso le quattro porzioni che si trovano alla fine dello sviluppo, cioè il *cervello*, il *mesencefalo*, il *metencefalo* ed il *mielencefalo*. In separati capitoli di ciascuna di tali porzioni esamineremo la morfologia, la struttura e lo sviluppo.

§ 5

Notizie fondamentali intorno all'anat.^a comparata dell'encefalo

L'encefalo è bene manifesto in tutti i vertebrati; si ritiene da vari Autori che gli acrani (*Amphioxus*) ne siano privi, ma questa è un'opinione errata (cfr. Sterzi, 1907).

Il peso assoluto dell'encefalo è sempre inferiore a quello dell'uomo, esclusi solo i grossi cetacei ed alcuni pachidermi (*Elephas*); il peso relativo al peso del corpo varia nei diversi vertebrati e se nella massima parte è più alto che nell'uomo, in parecchi, e specialmente in molti uccelli, è più basso di quello dell'uomo. Dunque l'uomo non è il vertebrato con l'encefalo più pesante nè in senso assoluto nè in senso relativo; questa affermazione discorda dalla credenza comune, che trovasi riportata anche in molti libri scientifici e sulla quale si sono architettate molte fantasticherie.

Il peso dell'encefalo è maggiore nelle specie selvatiche che in quelle divenute domestiche; già il Darwin aveva supposto questo fatto, osservando che la capacità cranica del coniglio selvatico è superiore a quella del coniglio domestico; le indagini successive (Lapique e Girard) in parecchie specie dimostrano che l'addomesticamento determina una diminuzione nel peso dell'encefalo, mentre produce di solito un aumento nel peso del corpo.

La forma dell'encefalo varia molto nei diversi vertebrati, ma però la costituzione generale è fondamentalmente la medesima; infatti, se si eccettuano gli acrani (*Amphioxus*), nei quali l'encefalo è oltremodo semplice, in tutti gli altri vertebrati ossia nei cranioti, l'encefalo si mostra sempre costituito da cinque porzioni, cioè dal mielencefalo, dal metencefalo, dal mesencefalo, dal diencefalo e dal telencefalo. Negli acrani è invece formato da due sole parti, che corrispondono al primo stadio del differenziamento dell'abbozzo encefalico (cfr. a pg. 342), cioè si mostra costituito dall'archiencefalo e dal deuteroencefalo; questo conserva i caratteri della midolla spinale, quello ha morfologia e struttura profondamente diverse da quelle della midolla spinale e con ogni probabilità rappresenta l'encefalo ancestrale dei vertebrati (cfr. Sterzi, 1907).

Se passiamo ora ad esaminare il comportamento delle singole porzioni encefaliche nella serie dei cranioti, osserviamo che esse si differenziano sempre più a misura che si va dalle caudali alle rostrali; il mielencefalo è infatti la porzione che conserva più inalterate la forma e la struttura, il telencefalo è quella invece che presenta le maggiori differenze a misura che si sale nella serie dei cranioti. Nei capitoli seguenti accenneremo a queste differenze; per ora ci limiteremo a dire che di solito si nota una grande concordanza tra le disposizioni fondamentali che si osservano a misura che si passa dai cranioti inferiori ai superiori e quelle che si notano durante lo sviluppo dei cranioti più alti; così, ad es., come nell'uomo si è veduto che da prima la vescicola telencefalica è impari e poi emette le vescicole emisferiche, così vediamo che nei più bassi tra i cranioti, cioè nei ciclostomi, si ha un telencefalo impari indifferenziato e che nei pesci inferiori (selaci) cominciano a comparire le vescicole emisferiche, che si conservano poi in tutti gli altri cranioti (1); e mentre negli anfibî e nei rettili tali vescicole rimangono distinte dal diencefalo, nei mammiferi, prendendo enorme sviluppo, si fondono con questo in modo da formare il cervello. Quindi si può concludere che il cervello è un organo particolare ai mammiferi,

(1) Si ammetteva che anche nei ciclostomi si avessero degli emisferi cerebrali, ma le mie indagini (1907-911) mi hanno permesso di dimostrare che i creduti emisferi erano invece il bulbo, il tratto ed il lobo olfattorio.

perchè negli altri cranioti il telencefalo si mantiene separato dal diencefalo.

In tutti i vertebrati dall'encefalo originano nervi; negli acrani non sono ancora ben conosciuti e quindi siamo ancora in dubbio intorno al significato di ciascuno di essi; nei cranioti invece furono oggetto di molte indagini e per ciò abbiamo conoscenze estese (se pure non ancora complete) intorno al loro significato. Si può affermare che i nervi encefalici si comportano fondamentalmente nel medesimo modo in tutti i cranioti. Riguardo al numero si noti però che non sempre si hanno tante paia di nervi come nell'uomo, ma che il loro numero è maggiore nei cranioti più bassi; però salendo nella serie dei cranioti, nervi che erano distinti l'uno dall'altro nei più bassi si fondono nei più alti in un nervo solo che corrisponde all'insieme di quelli. Così, per dare un esempio, nei ciclostomi e nei pesci dall'orecchio interno originano nervi distinti, i nervi acustici ed i nervi statici o dell'equilibrio; tali nervi nei rettili e nei mammiferi sono riuniti insieme in un solo nervo che ha il nome di nervo acustico. La riduzione numerica dei nervi può anche avvenire perchè un determinato nervo scompare salendo nella serie dei cranioti; assai dimostrativo a tale riguardo è il caso del nervo terminale, che è specialmente manifesto nei selaci (cfr. Sterzi, 1909); questo paio di nervi origina dalla parete telencefalica anteriore ai lati dell'area nella quale avviene la chiusura del neuroporo anteriore e nei cranioti superiori si trova nell'embrione, ma manca nell'adulto.

L'encefalo non subisce una evoluzione progressiva nella serie dei vertebrati, come si crede comunemente a torto; mentre in alcune parti progredisce, in altre regredisce. Per conseguenza troviamo in esso organi rudimentari, che rappresentano organi bene manifesti in altri vertebrati attuali o che corrispondono ad organi che erano bene manifesti in specie estinte.

Le modificazioni dell'encefalo sono legate a molti fattori, in parte ignoti, in parte noti; tra questi primo tra tutti è l'ambiente, da cui dipende la presenza o la mancanza di speciali organi di senso. Così, per dare un qualche esempio, nei ciclostomi che vivono vita libera, come i petromizonti, si hanno occhi bene manifesti ed un encefalo ad organizzazione assai complicata; invece in quelli che vivono parassiti di altri vertebrati, come i mixinoidi (*Myxine*, *Homea*), si hanno occhi rudimentari ed en-

cefalo ad organizzazione molto regredita (Sterzi, 1907). Così negli embrioni dei petromizonti oltre agli occhi ventrali, corrispondenti agli occhi dei cranioti attuali, si formano due occhi dorsali, situati sotto alla volta del cranio, che verosimilmente rappresentano occhi i quali esistevano in progenitori estinti dei petromizonti attuali (Sterzi, 1905); questi occhi, da principio pari e simmetrici, durante lo sviluppo dei petromizonti ruotano l'uno attorno all'altro in modo da divenire asimmetrici (Sterzi, 1907); allora uno di essi regredisce e si trasforma in un organo rudimentale (organo parapineale), l'altro invece si accresce, acquista i caratteri di un vero occhio e rimane nel mezzo della testa (occhio pineale). La presenza di questi occhi dorsali (1) è collegata a quella di speciali porzioni di encefalo, di particolari vie nervose, ecc. che mancano o sono rudimentali nei cranioti privi di occhio pineale, come i mammiferi.

Una stessa porzione di encefalo salendo nella serie dei cranioti può progredire per un lato e regredire per un altro, e tanto il progresso che il regresso non sono continui, ma avvengono saltuariamente da classe a classe e talvolta perfino da specie a specie. Così ad es. il cervelletto è straordinariamente piccolo e semplice nei ciclostomi, diventa ora grosso ed ora grossissimo nei selaci, nei quali ha sempre una struttura complicata, ritorna molto semplice negli anfibi ed in molti rettili, e si rifà complicatissimo negli uccelli e nei mammiferi; ed il cervelletto dell'uomo, che è tra i più complicati, si presenta costituito da parti regredite, corrispondenti a parti molto sviluppate in altri mammiferi, e da parti molto progredite, che nei predetti mammiferi mancano o sono puramente accennate. Così, per dare un altro esempio, gli emisferi cerebrali nei mammiferi che hanno bene manifesto il senso dell'olfatto, sono molto complicati in quella porzione nella quale terminano le vie olfattorie; invece nei mammiferi ad olfatto poco sviluppato, come l'uomo, questa porzione di emisfero è molto ridotta. Ed all'opposto nell'uomo è assai sviluppata la parte di emisfero che si ritiene sede delle manifestazioni intellettuali, mentre essa lo è molto meno negli altri mammiferi.

(1) Col nome *occhio* non pretendo di determinare la funzione degli organi suddetti; certo è che per la struttura l'organo pineale è simile agli occhi ventrali che servono al senso della vista; la parete del cranio ed il tegumento della testa si modificano poi in corrispondenza di esso in modo da permettere il passaggio dei raggi luminosi (Studnicka).

In tutta la serie dei cranioti all'encefalo è unita una glandula a secrezione interna, proveniente dall'ectoderma boccale, che ha il nome di *ipofisi* (Sterzi, 1904); nei vertebrati inferiori (pesci) è congiunta ad una parte complicatissima di encefalo, che contiene organi speciali come il sacco vascoloso, il processo dell'infundibolo con le sue estroflessioni, ecc., mentre nei mammiferi e nell'uomo questa porzione di encefalo si riduce ad un organo rudimentale (Sterzi, 1904, 1907, 1909). Dell'ipofisi ci occuperemo in uno speciale paragrafo quando studieremo la base diencefalica, a cui essa è congiunta.

Lo studio delle modificazioni che subisce l'encefalo nella serie dei vertebrati oggi è bene avviato; le ricerche anatomo-comparative, che con grande ardore vengono fatte da molti Studiosi, fanno progredire di giorno in giorno le nostre conoscenze su questo importante capitolo della morfologia.



CAP. VI

Mielencefalo

Definizione e costituzione — Il mielencefalo è la parte dell'encefalo che proviene dalla vescicola mielencefalica dell'embrione (cfr. a pg. 344-345).

Questa vescicola già al 25° giorno di vita embrionale è allungata a tubo (fig. 201, c-o); durante lo sviluppo ulteriore la sua metà anteriore si comporta diversamente dalla posteriore (fig. 201). Infatti quest'ultima ⁽¹⁾ si sviluppa presso a poco come la midolla spinale, cioè le pareti del tubo primitivo si accrescono tutte in misura quasi uguale (fig. 201, B), cosicchè a completo sviluppo questa metà ha la forma di un cilindro di sostanza nervosa, percorso lungo l'asse longitudinale da un condottino a cui diamo il nome di *condotto mielencefalico* (Sterzi, 1912); tale condotto si continua col canale centrale della midolla spinale (fig. 201, a).

La metà anteriore, invece si accresce in modo diverso; infatti la parete inferiore e le pareti laterali del tubo primitivo si allargano e si inspessiscono notevolmente (fig. 201, A), mentre la parete posteriore (o), si estende in superficie ma rimane molto sottile, e per ciò il lume del tubo viene trasformato in una cavità relativamente ampia (fig. 201, A), che ha il nome di *ventricolo mielencefalico definitivo*; in esso si apre il condotto mielencefalico. La parete posteriore rimasta sottile ha il nome di *tela coroidea mielencefalica* (o); le altre pareti della metà anteriore considerate insieme a tutta la metà posteriore formano la *midolla allungata* ⁽²⁾ o

(1) Il vocabolo « metà » ha qui solo un significato approssimativo.

(2) Con questo nome da principio (sec. XVII) si indicò tutto il tronco encefalico (cfr. a pg. 333); poi lo si serbò per designare il mielencefalo insieme al ponte del Varolio (che è porzione del metencefalo); infine Albert Haller (fine del sec. XVIII) lo usò per indicare il solo bulbo.

bulbo (c). Quest'ultima viene adunque costituita dall'insieme delle parti solide del mielencefalo cioè da tutte le pareti del condotto mielencefalico e dalle pareti laterali ed inferiore del ventricolo mielencefalico; si forma quindi a spese delle due suddette metà della vescicola.

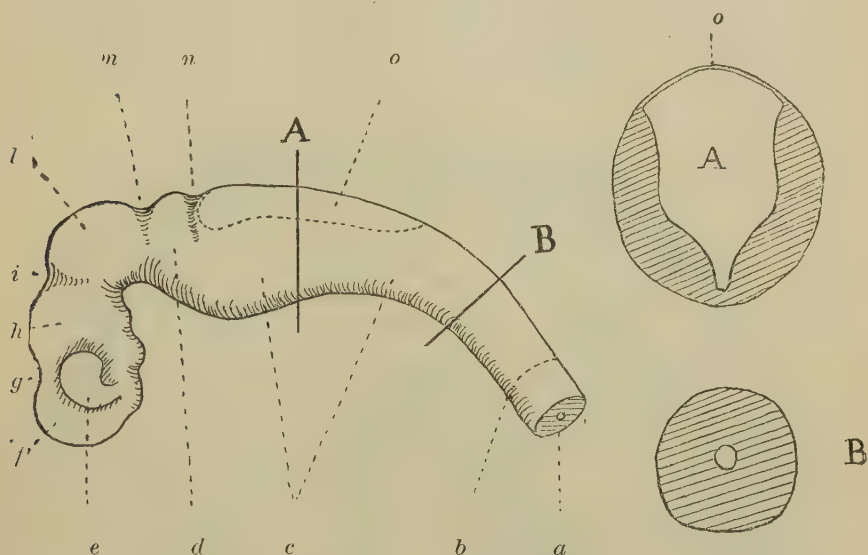


Fig. 201 — Encefalo di un embrione umano di 25 giorni e sezioni trasversali del suo mielencefalo (semischematiche). — A, B, piani delle sezioni ed aspetti delle sezioni corrispondenti; a, midolla spinale; b, limite tra l'encefalo e la midolla; c, midolla allungata; d, metencefalo; e, vescicola ottica; f, telencefalo; g, solco diencefalo-telencefalico; h, diencefalo; i, solco meso-prosencefalico; l, mesencefalo; m, solco rombo-mesencefalico; n, solco mielo-metencefalico; o, tela coroidea-mielencefalica.

Seguendo l'ordine adottato nello studio della midolla spinale, divideremo il presente capitolo in 7 paragrafi, nei quali studieremo rispettivamente i caratteri generali, la forma, la struttura, l'origine dei nervi, i vasi sanguiferi, lo sviluppo e l'anatomia comparata del mielencefalo.

§ 1

Caratteri generali

Situazione — Il mielencefalo (fig. 188, *k*) si trova nella base encefalica e costituisce la porzione posteriore del tronco encefalico (pg. 333); il cervelletto gli sta al di sopra (fig. 190, *r*) e si

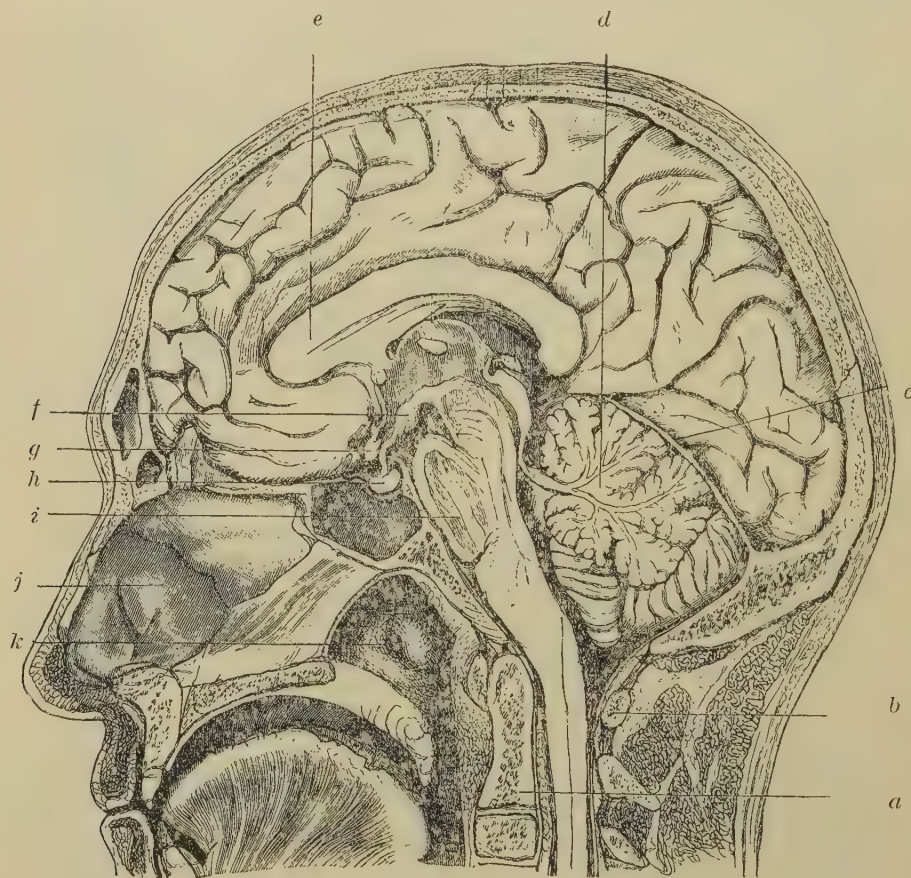


Fig. 202 — Rapporti dell'encefalo (sezione sagittale mediana della testa, secondo il Merkel, modificata in base a nuove osservazioni). — *a*, epistrofeo; *b*, atlante; *c*, tenda del cervelletto *d*; *e*, corpo calloso; *f*, tubercolo mammillare; *g*, chiasma ottico; *h*, ipofisi; *i*, ponte; *j*, setto nasale; *k*, tuba uditiva.

trova in rapporto con la tela corioidea mielencefalica, da cui rimane diviso per mezzo della fessura mielo-cerebellare (pg. 334).

È situato nella parte più bassa della cavità del cranio (fig. 202) sotto al ponte (*i*) e davanti al cervelletto (*d*), e si estende dal grande foro occipitale fino a circa 3 cm. dal dorso della sella; con la sua estremità inferiore attraversa il foro occipitale per continuarsi con la midolla spinale. Inferiormente poggia sul processo basilare dell'occipitale (fig. 202).

Limiti — Sono artificiali, perchè il mielencefalo si continua da un lato con la midolla spinale e dall'altro col metencefalo. Intorno al limite tra il mielencefalo e la midolla spinale ci siamo già fermati nel trattare del limite superiore della midolla (cfr. a pg. 141); riguardo al limite tra mielencefalo e metencefalo basterà dire che lo si può ottenere con un piano perpendicolare all'asse mielencefalico che passi attraverso ad un solco trasversale (fig. 203, *e-f*) che trovasi tra la faccia inferiore della midolla allungata (*Ml*) e quella del ponte (*P*) e che ha il nome di *solco bulbo-pontino* ⁽¹⁾.

Questo solco è manifesto solo nella faccia inferiore del mielencefalo; lateralmente termina in modo assai brusco prima di raggiungere la faccia posteriore del mielencefalo e da ognuna delle sue terminazioni originano in apparenza i nervi facciale, intermedio ed acustico (fig. 203, *o*). Mentre verso il ponte il solco ha un margine netto, invece verso il mielencefalo si sale gradatamente dal fondo del solco alla superficie mielencefalica; ciò dipende dal fatto che questa superficie viene in gran parte costituita da fasci nervosi che penetrano nel ponte e non decorrono superficiali in quest'ultimo. Molti solchi longitudinali della superficie mielencefalica terminano incontrandosi col solco bulbo-pontino e nei punti d'incontro si formano delle fossette più o meno profonde che in seguito studieremo (fig. 203).

Il piano che limita il mielencefalo dal metencefalo posteriormente separa con una certa approssimazione le inserzioni della tela corioidea mielencefalica alla cosiddetta volta metencefalica, che, come meglio vedremo nel prossimo Capitolo, è principalmente costituita dal cervelletto; ai lati di queste inserzioni il piano suddetto passa dietro alle pareti laterali del metencefalo che sono formate da due grossi cordoni interposti tra il ponte ed il cervelletto e che hanno il nome di *peduncoli cerebellari medi*.

(1) Sinonimia: *Solco bulbo-protuberanziale*, *solco bulbare trasverso*.

Il limite inferiore del mielencefalo corrisponde alla metà dell'articolazione atlanto-occipitale od al terzo superiore del processo odontoidoide dell'epistrofeo (fig. 202); il limite superiore corrisponde invece al terzo superiore della doccia basilare dell'occipitale, cioè si trova a 3 cm. dal dorso della sella (fig. 202).

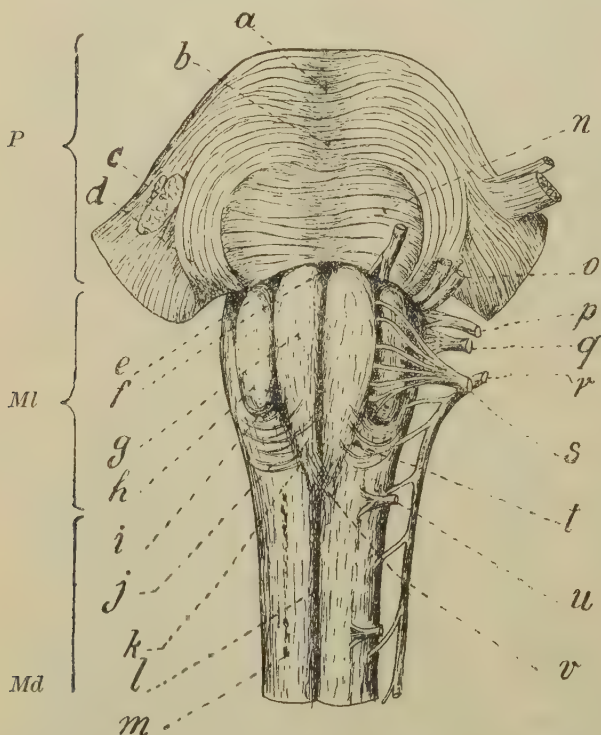


Fig. 203 — Mielencefalo e ponte, veduti dalla faccia anteriore (Grand. natur.). — *P*, ponte; *MI*, mielencefalo; *Md*, midolla spinale; *a*, solco basilare; *b*, fasci superiori; *c*, nervo trigemino; *d*, fossetta postolivare; *e*, fossetta preolivare; *f*, foro cieco; *g*, piramide anteriore; *h*, oliva; *i*, riunione del solco preolivare col postolivare; *j*, fibre arciformi esterne; *k*, solco parapyramidale; *l*, fessura midollare; *m*, striscia radicolare anteriore; *n*, fasci inferiori del ponte; *o*, nervi acustico, intermedio e facciale; *p*, nervo glossofaringeo; *q*, nervo vago; *r*, nervo spinale; *s*, nervo ipoglosso; *t*, area parapyramidale; *u*, nervo cervicale I; *v*, incrociamiento piramidale.

Dimensioni

— Il mielencefalo è lungo 20-25 mm. La sua larghezza massima è di 16-18 mm. e si trova presso al limite superiore; da questo punto diminuisce gradatamente, sino a che vicino al limite inferiore misura 10-11 mm. Il diametro antero-posteriore del mielencefalo va pure diminuendo dall'estremità superiore all'inferiore; in quella è di 18-20 mm., in questa di 8-10 mm. Queste cifre si riferiscono all'uomo adulto; nella donna si trovano misure di circa 2 mm. inferiori.

Il volume del mielencefalo nell'adulto è di 6 cm.³ per l'uomo e di 5.5

cm.³ per la donna; quello del bulbo è di 5 cm.³ nell'uomo e di 4.62 cm.³ nella donna. La differenza di volume (circa 1 cm.³) rappresenta il volume della tela coroidea e dei plessi coroidei.

Peso — Il peso assoluto del mielencefalo, compreso quello delle due meningi che gli aderiscono, cioè della pia madre e dell'aracnoide, e quello dei loro vasi sanguiferi, è di gr. 7.5 nell'uomo e di gr. 7 nella donna. La midolla allungata con le meningi e con le origini dei nervi mielencefalici pesa in media gr. 6.73 nell'uomo e gr. 6,31 nella donna (medie del Chiarugi in 200 midolle allungate, 100 d'uomo e 100 di donna, appartenute ad Italiani).

Ammettendo come peso medio dell'encefalo degli Italiani quello indicato nel capitolo precedente (gr. 1308), il mielencefalo pesa 1/174 del peso totale dell'encefalo.

Colore e consistenza — Pel colore la midolla allungata assomiglia alla midolla spinale; la pia madre che strettamente la circonda, contiene abbondanti cellule pigmentarie brune, come quella che trovasi attorno all'estremità superiore della midolla spinale. La somiglianza di colorazione dipende dalla somiglianza di struttura, perchè anche nel bulbo la sostanza bianca è coperta solo da un esilissimo strato grigio corticale. Però nelle faccie laterali la midolla allungata mostra due sporgenze più o meno allungate di colore cinereo, che hanno i nomi di *tubercoli cinerei* (*del Rolando*) e che sono prodotte da accumuli di sostanza grigia. La tela corioidea, che è formata da uno strato epiteliale sostenuto dalla pia madre, è semitrasparente e contiene scarse cellule di pigmento; però si presenta di colore rosso intenso per la grande quantità di vasi sanguiferi, specialmente venosi, che decorrono nel suo spessore.

Riguardo alla consistenza la midolla allungata presenta le medesime particolarità della midolla spinale; la pia madre contribuisce ad aumentarla per la compressione che esercita sulla sottoposta sostanza nervosa.

Rapporti — Il mielencefalo è rivestito dalla pia madre, attorno alla quale trovasi l'aracnoide ad una distanza tanto maggiore quanto più si va in alto; la dura madre tappezza le pareti del cranio. Con la interposizione delle meningi e degli spazi che le separano e che contengono vasi e nervi dei quali ci occuperemo in seguito, il mielencefalo presenta i seguenti rapporti:

Anteriormente ed andando dal basso all'alto è in rapporto

col terzo superiore della faccia posteriore del processo odontoideo dell'epistrofeo (fig. 202) che è coperta da una serie di mezzi legamentosi appartenenti alle articolazioni atlanto-odontoidea, occipito-odontoidea ed occipito-epistrofica; tali mezzi sono compresi tra la dura madre e la predetta faccia del processo odontoideo ed andando dall'innanzi all'indietro sono il legamento crociato dell'atlante, la membrana tectoria che è l'estremità superiore del legamento longitudinale posteriore dei corpi vertebrali, e lo strato superficiale di questo legamento. Sopra al processo odontoideo la faccia anteriore del mielencefalo è in rapporto con lo stretto spazio atlanto-occipitale anteriore (fig. 202), chiuso dalla membrana atlanto-occipitale anteriore, dietro alla quale trovansi nel mezzo il legamento dell'apice del dente dell'epistrofeo ed ai lati i legamenti alari, tutti appartenenti all'articolazione occipito-odontoidea; su questi legamenti poggiano poi i mezzi legamentosi che sopra ho ricordato coprire la faccia posteriore del processo odontoideo. Infine sopra al grande foro occipitale il mielencefalo è anteriormente in rapporto con la doccia della parte basilare dell'occipitale (fig. 202).

Lateralmente il mielencefalo è dapprima in rapporto con le capsule dell'articolazione atlanto-occipitale, e subito al di sopra del grande foro occipitale è coperto dagli emisferi del cervello.

Posteriormente è in rapporto con lo spazio interposto tra il grande foro occipitale e l'arco posteriore dell'atlante, spazio che è chiuso dalla sottile membrana atlanto-occipitale posteriore (fig. 202). Questo spazio è largo circa 1 cm. a testa eretta, si riduce a 0,5 cm. a testa estesa e diventa largo 2-2,5 cm. a testa flessa; specialmente in quest'ultima condizione uno strumento a punta, strisciando sulla superficie dell'occipitale, può attraversare la membrana atlanto-occipitale e le meningi e ledere la midolla allungata, provocando la morte istantanea per la lesione degli importanti centri contenuti in questo segmento encefalico. Di tale nozione anatomica, già conosciuta da Erasistrato e da Galeno e ben nota anche al volgo, si sono valse spesso le infanticide, tanto più che basta un'arma molto sottile come uno spillone per determinare la morte. È poi comunemente noto come, avendo il mielencefalo uguale rapporto nei mammiferi domestici e specialmente nei bovini, in molti mattatoi si abbattano gli animali per mezzo della puntura del mielencefalo attraverso la membrana atlanto-occipi-

tale posteriore. Sopra al grande foro occipitale il mielencefalo è posteriormente in rapporto col cervelletto (fig. 202), la cui faccia anteriore è incavata a doccia per accoglierlo; ed è specialmente la tela corioidea quella che si trova in rapporto col cervelletto, al quale rimane attaccata, strappandosi dalla midolla allungata quando si allarghi la stretta fessura mielo-cerebellare (cfr. a pg. 334) che s'interpone tra mielencefalo e cervelletto.

Siccome il mielencefalo riposa nel cranio sulla doccia della porzione basilare dell'occipitale che è diretta obliquamente in alto ed in avanti (fig. 202), deve poi ripiegarsi sul contorno anteriore del grande foro occipitale per porsi in continuazione con la midolla spinale che discende verticalmente nel canale vertebrale (fig. 202). L'angolo che l'asse del mielencefalo compie in corrispondenza del grande foro occipitale per continuarsi con l'asse della midolla spinale è aperto in avanti e misura 130° - 150° ; naturalmente esso aumenta nello abbassamento del capo e diminuisce nella estensione.

In base ai rapporti del mielencefalo con le pareti del cranio si può stabilire la *topografia cranio-mielencefalica*, che costituisce un capitolo della topografia cranio-encefalica (cfr. a pg. 330). La topografia cranio-mielencefalica ha importanza pratica specialmente in quanto determina i rapporti del mielencefalo in corrispondenza del grande foro occipitale, perchè qui l'organo è più facilmente vulnerabile dall'esterno per le ragioni esposte sopra ed anche perchè può andare soggetto a lesioni consecutive a quelle dell'articolazione tra la testa e la colonna vertebrale (ad es. la lussazione e la frattura del processo odontoideo). Rimandando il Lettore per più minute notizie ai trattati di Anatomia topografica, qui ricorderemo solo come il mielencefalo non si trovi nel centro del foro occipitale, ma sia vicino al contorno anteriore di esso, e faremo anche notare come spesso l'estremità inferiore del mielencefalo sporga nel canale vertebrale (fino per 15 mm.).

Mezzi di fissazione — Il mielencefalo è mantenuto fisso da vari mezzi. Anzitutto esso si continua col ponte del Varolio che è immobile nella cavità cranica in seguito a speciali condizioni che studieremo nel prossimo capitolo. Poi viene unito al pavimento del cranio per mezzo di numerosi nervi, i quali sono circondati da robuste guaine che da un lato si continuano con la

pia madre mielencefalica e dall'altro si fissano al periostio che tappezza i fori per mezzo dei quali essi escono dal cranio. Inoltre si continua con l'estremità superiore della midolla spinale che è congiunta ai primi fori di coniugazione per mezzo di nervi corti e muniti di guaine resistenti. Infine è collegato alla parete del cranio, 5-10 mm. sopra al grande foro occipitale, per mezzo delle estremità superiori dei legamenti denticolati (Sterzi, 1900), dei quali già facemmo menzione a proposito della midolla spinale (pg. 154) e dei quali ci occuperemo a lungo nello studiare le meningi; è anche riunito alla parete laterale del cranio per mezzo della estremità superiore allargata in modo speciale del *legamento anteriore della midolla spinale*, che si estende nella metà inferiore del mielencefalo e ne collega la faccia anteriore, rivestita dalla pia madre, con le inserzioni delle due prime dentellature dei legamenti denticolati (Sterzi, 1900); anche di questo legamento verrà trattato a lungo nel capitolo che si riferisce alle meningi.

I mezzi di fissazione ora descritti, mentre non permettono alcun spostamento del mielencefalo, lo obbligano poi a conservare i suoi rapporti con gli organi vicini e specialmente con la porzione basilare dell'occipitale durante i movimenti del capo.

§ 2

Forma

A ~ Forma esterna

Il mielencefalo assomiglia ad un cono tronco, leggermente appiattito dall'innanzi all'indietro che con la base, volta in alto, si continua col metencefalo e con l'apice troncato si continua colla midolla spinale (fig. 188-190). È strettamente rivestito dalla pia madre, la quale nel fresco gli aderisce così forte da non lasciarsene staccare senza ledere la sostanza nervosa; il distacco si può ottenere solo nel materiale indurito ed allora si vedono tutte le particolarità morfologiche della superficie mielencefalica.

Su questa superficie si osservano le *striscie radicolari anteriori* ed i *solchi laterali posteriori* come nella midolla spinale.

Le *striscie radicolari anteriori mielencefaliche* sono separate dalle spinali per un breve tratto, lungo 1-5 mm., nel quale si osservano molte fibre a concavità superiore sporgenti come bassorilievi e dirette dalla faccia anteriore alle faccie laterali del mielencefalo (fig. 203, *j*); sono le *fibre arciformi esterne*. Sopra a questo tratto le striscie radicolari ricompaiono, ma a differenza delle midollari, sono depresse così da formare due solchi (fig. 203, *i*); essi hanno il nome di *solchi preolivari*, perchè posti innanzi a due sporgenze ellissoidali che si chiamano *olive bulbari* (*h*); le radicole che sorgono da essi formano il nervo ipoglosso (*s*), e per ciò i solchi predetti si chiamano anche *solchi dell'ipoglosso*. Questi solchi terminano in alto incontrandosi col solco bulbo-protuberanziale e nei luoghi dell'incontro si formano due depressioni triangolari, che diconsi *fossette paraolivari mediali* (fig. 203, *e*).

I *solchi laterali posteriori* (fig. 204, *i*) si continuano dalla midolla spinale sul mielencefalo, diventando però meno profondi ed allontanandosi l'uno dall'altro, in modo da racchiudere uno spazio sempre più ampio; terminano in corrispondenza delle estremità del solco bulbo-protuberanziale. Durante il loro cammino passano dietro all'oliva ⁽¹⁾; tra essi e l'oliva intercede uno spazio che può arrivare a 5 mm. di larghezza e che si chiama *area retrolivare* (fig. 204, *k*). Sotto all'oliva sono spesso attraversati dalle predette fibre arciformi esterne (*j*).

Le striscie radicolari anteriori coi solchi preolivari ed i solchi laterali posteriori dividono la superficie del mielencefalo in quattro faccie, delle quali ora esamineremo le particolarità.

Faccia anteriore — Dopo averla spogliata dalla pia madre, si nota lungo la linea sagittale mediana di essa una fessura che chiameremo *fessura bulbare* ⁽²⁾ (fig. 203). E' la continuazione della fessura midollare (pg. 162) e termina al limite superiore della mi-

(1) Per ciò alcuni Autori li hanno denominati *solchi retrolivari*; questo nome deve però serbarsi a due solchi indipendenti dai laterali posteriori che trovansi subito dietro alle olive e che studieremo nelle faccie laterali del mielencefalo.

(2) Gli Autori la chiamano *solco mediano anteriore e fessura mediana anteriore*; ma essa non è un *solco*, e quindi la prima denominazione è impropria; inoltre è la sola *fessura* del mielencefalo e quindi gli aggettivi « mediana anteriore » sono inutili.

dolla allungata, cioè in corrispondenza del ponte del Varolio, allargandosi in una fossetta triangolare (*f*), nota col nome di *foro cieco posteriore* (del Vicq d'Azyr). La fessura bulbare è profonda circa 4 mm.; nella sua parte inferiore diventa superficiale perchè viene attraversata per una lunghezza di circa 8 mm. da numerosi fasci di fibre nervose diretti obliquamente dall'alto al basso e dall'esterno all'interno, che fuoriescono da una delle pareti della fessura per penetrare nella parete opposta (fig. 203, *r*). Questi fasci si incrociano quindi in modo da costituire una specie di rafe, e nel loro insieme producono l'*incrocciamento delle piramidi* (cfr. a pg. 141). Il foro cieco ha una profondità di 6-7 mm. e serve al passaggio di vasi sanguiferi.

Ai lati della fessura bulbare si osservano due grossi cordoni bianchi (fig. 203, *g*) che sembrano (ma non sono) la continuazione diretta dei cordoni anteriori della midolla spinale; essi hanno il nome di *piramidi*. Si restringono a poco a poco a misura che vanno in basso, fino a raggiungere un diametro trasverso di 3-4 mm. mentre presso alla loro estremità superiore tale diametro misura 6-7 mm.; in corrispondenza di questa estremità bruscamente si restringono (fig. 203) e penetrano nel ponte del Varolio. Per ciò, veduti in superficie, appaiono come due clave, con la parte ingrossata volta superiormente. In corrispondenza dell'incrocciamento suddetto anche a prima vista si vede che i suoi fasci derivano dalle piramidi.

Le piramidi costituiscono da sole la faccia anteriore nei due terzi superiori di tale faccia (fig. 203); nel terzo inferiore ai lati delle piramidi formano tale faccia due aree di forma triangolare con l'apice in alto che sembrano continuare i fasci fondamentali dei cordoni anteriori della midolla spinale e che denomineremo *aree parapiramidali* (*t*); esse sono divaricate in modo da costituire una sorta di V che accoglie le due piramidi; terminano in alto assottigliandosi a poco a poco e scomparendo all'fine del tutto (fig. 203). Tra le piramidi e le aree parapiramidali si trovano talora due leggiere depressioni o *solchi parapiramidali* (*k*), che rappresentano evidentemente i solchi intermedi anteriori ridotti al loro massimo grado; se infatti queste depressioni invece di estinguersi a livello dell'incrocciamento delle piramidi, come è la norma, si estendono nella faccia anteriore della midolla spinale, si continuano allora nei solchi in questione.

Faccie laterali — Le faccie laterali verso la midolla spinale sono ristrette, ma salendo verso la base del bulbo vanno gradatamente allargandosi. Nel loro tratto più caudale, cioè là ove si continuano con le faccie laterali della midolla spinale, sono lisce, di colorito bianco e regolarmente convesse (fig. 204). Poi, a varia distanza dall'incrociamiento delle piramidi (5-15 mm.), vengono attraversate dalle *fibre arciformi esterne* (*j*) che abbiamo veduto interrompere i solchi laterali e le strisce radicolari. Queste fibre, più o meno manifeste nei vari individui e talvolta anche mancanti, originano dal solco mediano della faccia anteriore del bulbo o dalle piramidi o dalle aree parapiramidali o dai solchi omonimi (fig. 203, *j*) e con decorso arcuato a concavità superiore attraversano la faccia laterale del bulbo omologa al lato della faccia anteriore dal quale sono sorte (fig. 204) e terminano penetrando nella metà omolaterale della faccia posteriore (fig. 204, *j*). In media occupano un'area di 5 mm.; ora formano uno strato continuo, ora costituiscono piccoli fasci isolati l'uno dall'altro.

Sopra alle fibre arciformi ogni faccia laterale è quasi intieramente occupata dall'*oliva bulbare* (fig. 204, *l*). È questa una sporgenza ellissoidale, con l'asse maggiore diretto come quello del bulbo, lunga in media 15 mm. e larga 6 mm. L'oliva ha colorito bianco-grigiastro ed ha superficie generalmente liscia; in alcuni casi mostra delle disuguaglianze. La sua estremità superiore giunge sino al solco bulbo-pontino, che appare più profondo in corrispondenza di essa; l'estremità inferiore, frequentemente più sottile della superiore, è libera oppure viene incappucciata dalle fibre arciformi esterne (fig. 204). Non sempre le due olive sono eguali; talora una è più grossa. Tra ogni oliva ed il corrispondente solco laterale posteriore è interposta quella stretta area, larga 1-5 mm., che denominammo *area retrolivare* (fig. 204, *k*); è liscia e viene separata dall'oliva per mezzo di un solco, lungo quanto l'oliva stessa, che merita il nome di *solco retrolivare* e che termina nel solco bulbo-pontino allargandosi in modo da costituire una *fossetta postolivare* (1) (*c*). I solchi preolivare e retrolivare terminano all'estremità inferiore dell'oliva volgendo l'uno verso l'altro (fig. 203, *i*). In alcuni individui l'area retrolivare è così stretta che il solco retrolivare viene ad esser

(1) *Forame cieco laterale dello Ziehen.*

fatto a spese della area stessa; in tal caso le radicole dei nervi accessorio, vago e glosso-faringeo sorgono direttamente dal solco retrolivare mentre nel caso precedente (che è quello che si osserva con maggiore frequenza) originano dietro al solco e questo allora contiene uno o due vasi sanguiferi. Nell'area postolivare si osserva talora una sporgenza longitudinale, che decorre parallela

al margine dell'oliva; è il *fascio esterno della siliqua* del Burdach, il quale Autore aveva paragonato l'oliva ad un frutto ed il suo contorno ad una siliqua.

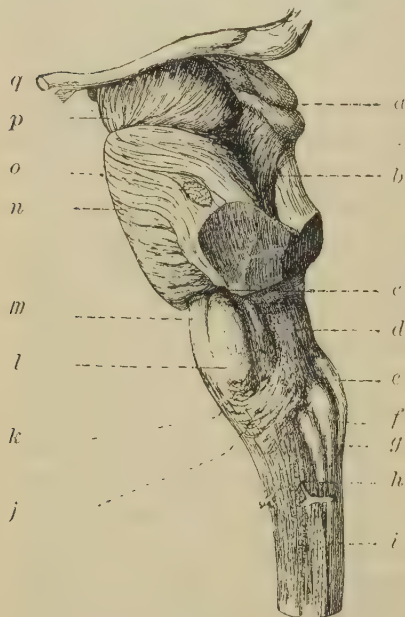


Fig. 204 — Mielencefalo e ponte, veduti dalla faccia laterale sinistra (Grand. natur.). — *a*, corpi quadrigemelli; *b*, solco pontino-mesencefalico; *c*, fossetta sopraolivare; *d*, corpo restiforme; *e*, tubercolo gracile; *f*, tubercolo cuneato; *g*, tubercolo cinereo (del Rolando); *h*, radice posteriore del I nervo spinale; *i*, solco laterale posteriore; *j*, fibre arciformi esterne anteriori; *k*, area retrolivare; *l*, oliva; *m*, piramide anteriore; *n*, ponte; *o*, nervo trigemino; *p*, peduncolo cerebrale; *q*, tratto ottico.

me sembrano costituite da due sporgenze (*p*) che in basso si continuano coi fascicoli suddetti e salendo in alto si allontanano in modo da comprendere tra essi la tela corioidea, la quale si trova quindi in quello spazio che nel terzo inferiore del mielencefalo è occupato dal solco mediano posteriore. Ogni fascicolo

Faccia posteriore — La faccia posteriore del mielencefalo presenta caratteri molto diversi nel terzo inferiore e nei due terzi superiori (fig. 205).

Nel terzo inferiore assomiglia alla faccia omonima della midolla spinale; vi si notano per ciò il *solco mediano posteriore* (*z*) ed i *solchi intermedi posteriori* con caratteri simili a quelli della midolla, e tra essi vedonsi dei fasci sporgenti che sono le continuazioni dei *fascicoli gracili* e dei *fascicoli cuneati* della midolla spinale (cfr. a pg. 165).

Nei due terzi superiori la faccia posteriore del mielencefalo si allarga a triangolo con la base volta in avanti (fig. 205). La parte media del triangolo è occupata dalla sottile *tela corioidea mielencefalica* (*q*), le parti laterali si conservano invece solide. Queste ulti-

gracile (*u*) termina con un rigonfiamento piriforme od ellissoidale (*c'*), di colore bianco, lungo 5 mm. e largo 3 mm., che ha il nome di *tubercolo gracile* ed anche quello di *clava*. Parimente ogni fascicolo cuneato (*v*), prima di terminare presenta un ingrossamento più voluminoso del precedente, al quale assomiglia per la

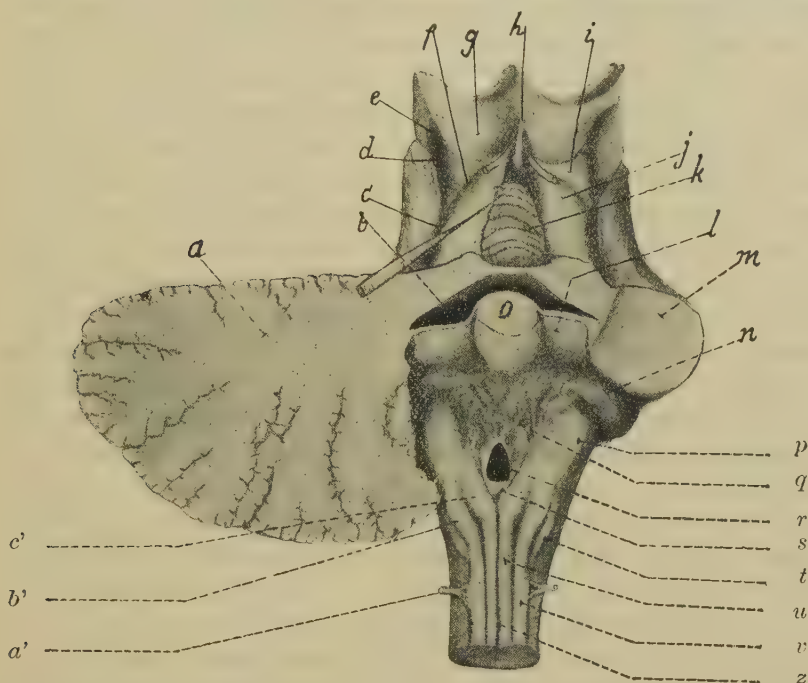


Fig. 205 — Mielencefalo, veduto dalla sua faccia posteriore (per scoprire questa faccia è stato sezionato il cervelletto con un taglio frontale, fatto attraverso la fessura mielo-cerebellare). Grand. natur. — *a*, cervelletto sezionato; *b*, ventricolo metencefalico aperto; *c*, solco soprapontino; *d*, solco pontino-mesencefalico; *e*, solco mesencefalico laterale; *f*, solco limitante posteriore del trigono; *g*, corpi quadrigemelli posteriori; *h*, freno della lingula; *i*, trigono del lemnisco; *j*, peduncolo cerebellare superiore; *k*, lingula; *l*, velo midollare inferiore; *m*, peduncolo cerebellare medio sezionato al suo penetrare nel cervelletto; *n*, recesso laterale del ventricolo mielencefalico; *o*, ugola cerebellare sezionata; *p*, corpo restiforme; *q*, tela corioidea mielencefalica; *r*, apertura inferiore del quarto ventricolo; *s*, obice; *t*, tubercolo cinereo; *u*, fascicolo gracile; *v*, fascicolo cuneato; *z*, solco mediano posteriore della midolla spinale; *a'*, radice posteriore del I nervo spinale; *b'*, tubercolo cuneato; *c'*, tubercolo gracile.

forma e pel colore, che chiamasi *tubercolo cuneato* (*b'*); in media è lungo 8 mm. ed è largo 4 mm. Tra la clava e l'omolaterale tubercolo cuneato si continua il solco intermedio posteriore (fig. 205) ed esso termina vicino alle estremità superiori di queste sporgenze

divenendo a poco a poco sempre più superficiale. Lateralmente al tubercolo cuneato si osserva una terza sporgenza, meno accentuata delle precedenti dalle quali si distingue pel suo colore grigio; ha il nome di *tubercolo cinereo (del Rolando)* (1). Il tubercolo (fig. 204, *g*; fig. 205, *t*) è bene manifesto nel neonato e nel bambino; nell'adulto lo si riconosce con difficoltà. Esaminandone attentamente i rapporti con la striscia radicolare posteriore è chiaro che lo si deve riguardare come appartenente a questa striscia divenuta molto larga in corrispondenza di esso.

Alle sporgenze ora ricordate fa seguito superiormente un grosso cordone di sostanza bianca largo circa 4 mm., che sembra (ma vedremo che non è) la diretta continuazione di esse e che si estende fino al limite superiore del mielencefalo (fig. 204, *d*; fig. 205, *p*); esso ha il nome di *corpo restiforme* o di *peduncolo cerebellare inferiore* (2) perchè termina penetrando nel cervelletto. Il corpo restiforme mostra due margini e due estremità; il margine mediale si continua con la tela coroidea (fig. 205, *q*); il margine laterale serve a limitare il solco laterale posteriore (fig. 204) e quindi è in rapporto colle radici nervose che da esso sorgono (radici dello spinale, del vago e del glosso-faringeo): l'estremità inferiore si continua col tubercolo gracile e col tubercolo cuneato del medesimo lato (fig. 205); l'estremità superiore si ripiega in alto ed indietro penetrando nel cervelletto. In corrispondenza della estremità superiore il corpo restiforme è attraversato da due o da tre grossi filamenti bianchi (fig. 219); sono le *strie acustiche* che, come meglio vedremo in seguito, provengono dal nervo cocleare, attraversano il corpo restiforme e penetrano poi nel ventricolo mielencefalico decorrendo sulla sua parete anteriore. Lungo le strie acustiche ogni corpo restiforme è attraversato anche da un condotto a pareti parzialmente molto sottili, che è il *recesso laterale del ventricolo mielencefalico* (fig. 205, *n*); viene costituito da una estroflessione digitiforme della tela coroidea che è diretta

(1) Lo si chiama *tubercolo del Rolando* perchè fu osservato per la prima volta nel 1825 dall'Anatomico italiano L. Rolando. In molti libri si assegna erroneamente un'altra situazione al tubercolo in questione; per lo più lo si pone nella porzione laterale del corpo restiforme.

(2) Il nome più antico è il secondo (*Pedunculus*, *s. crus s. processus*); l'aggettivo *restiforme* proviene dalla voce latina *restis*, la corda o la fune, ed è stato introdotto in anatomia dal Ridley nel 1695 (*Anatomy of the brain*): almeno così afferma il Hyrtl (*Onom. anatom.*).

trasversalmente e che si spinge fino alla fossetta postolivare, ove termina. Ce ne occuperemo più a lungo in seguito.

A formare la faccia posteriore del mielencefalo tra i corpi restiformi abbiamo sopra detto che si trova la *tela coroidea mielencefalica* (fig. 205, q); questa lamina ha anche il nome di *tela coroidea del IV ventricolo* perchè il ventricolo mielencefalico, che essa copre, contribuisce a formare una cavità encefalica che si chiama *IV ventricolo*. La tela coroidea mielencefalica (1) difficilmente è visibile negli encefali freschi, perchè quando si allarga la fessura mielo-cerebellare (cfr. a pg. 334) per porla allo scoperto, essa lacerasi e rimane attaccata al cervelletto. Un buon metodo per prepararla è quello di indurire in una soluzione di bicromato potassico o di formaldeide un encefalo fresco e di preparare poi la tela dopo avvenuto l'indurimento.

In tal caso l'area occupata dalla tela appare di forma triangolare con l'apice indietro, compresa tra i due corpi restiformi (fig. 205); nel fresco ha colorito rosso per la grande quantità di vasi sanguiferi decorrenti nel suo spessore, nel materiale conservato appare invece bruna perchè in virtù della sua sottigliezza lascia intravedere il sottostante ventricolo. A questo riguardo si deve però notare che la tela coroidea non appare di uguale trasparenza in tutta la sua estensione, ma che è molto traspa-

(1) Siccome è costituita da uno strato di cellule epiteliali, poste dal lato del ventricolo, e dalla pia madre, sulla quale sono impiantate, gli Autori chiamano *lamina coroidea epiteliale* o *membrana tectoria* o *membrana otturatoria* la parte epiteliale e denominano *tela coroidea* la parte meningeale. Questa divisione è prettamente istologica; macroscopicamente i due strati non sono separabili e quindi è più giusto conservare alla denominazione *tela coroidea* il significato antico, quello cioè di membrana ricoprente i ventricoli e contenente villi vascolari.

La denominazione *tela coroidea* (*tela chorioidea*, barbaramente *choroidea*) letteralmente vuol dire *tessuto membranoso*. L'aggettivo deriva dal sostantivo greco το χόριον la *membrana* e dal suffisso εἶδος di *aspetto*; il sostantivo venne usato per designare una delle membrane fetali (Aristotile), e poichè essa è molto vascularizzata, l'aggettivo servì per designare anche altre membrane ricche di vasi sanguiferi; per antonomasia si chiamò *coroidea* la seconda tonaca del globo oculare (*secundina oculi*). Il barbarismo *choroidea* invece del classico *chorioidea* è antichissimo; lo si trova già in Galeno, in Oribasio ed in Rufo, ma può darsi che se ne devano incolpare i trascrittori dei codici; dal rinascimento dell'Anatomia in poi fu sempre usato e per ciò ha ormai acquistato il diritto d'esistere.

rente nel mezzo cioè in corrispondenza di una zona larga 2-3 mm. e lunga quanto la tela stessa, mentre lo è meno ai lati di questa zona, ossia tra essa ed i margini dei corpi restiformi. Ciò dipende dal diverso spessore della tela, perchè (come meglio vedremo in seguito), ai lati della zona mediana dalla tela si dipartono numerosi prolungamenti che sporgono nel sottostante ventricolo e che si chiamano *villi coroidei*.

La tela coroidea non ha superficie liscia, perchè numerosi filamenti connettivi la uniscono al verme inferiore del cervelletto, che, come vedremo nelle pagine seguenti, forma la parete posteriore della fessura mielo-cerebellare. Tra questi filamenti due decorrono longitudinali o ricurvi a concavità mediale lasciando tra essi un'area nella quale la superficie della tela è abbastanza regolare (Key e Retzius).

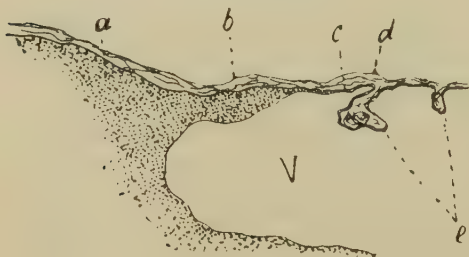


Fig. 206 — Tenia e tela coroidea mielencefalica in una sezione trasversale (uomo di 29 anni: ingrand. = 50 D.). — *a*, corpo restiforme; *b*, tenia; *c*, epitelio coroideo; *d*, porzione meningea della tela; *e*, villi coroidei; *V*, ventricolo mielencefalico.

I lati della tela coroidea (fig. 205) si continuano coi margini mediali dei corpi restiformi (*p*); a questo riguardo si deve però notare che non vi è un brusco passaggio dalla sottigliezza della tela allo spessore dei corpi restiformi, ma che la tela presso ai corpi restiformi gradatamente si inspessisce; tale fatto si vede molto chiaro

in una sezione trasversale del mielencefalo fatta in corrispondenza della inserzione laterale della tela coroidea (fig. 206). Per ciò si formano delle striscie di sostanza nervosa (*b*) che nelle sezioni trasversali hanno forma triangolare e sono interposte tra la tela coroidea ed i corpi restiformi; si chiamano *tenie mielencefaliche* (1). Quando nel fresco si divarica la fessura mielo-cerebellare, la tela coroidea rimane adesa al cervelletto strappandosi dalle tenie, che restano invece attaccate ai corpi restiformi (fig. 207); per conseguenza molti autori riguardano

(1) Sono anche chiamate *lingule*, *ponticoli*, *veli midollari posteriori*, ecc. Il nome *tenia* nel senso latino di *striscia* è il più proprio ed è voce della lingua italiana (cfr. i lessici del Petrocchi, del Fanfani, ecc.).

erroneamente le tenie come formazioni indipendenti dalla tela coroidea, situate entro al ventricolo mielencefalico. In corrispondenza dell'apice della tela la tenia di un lato si riunisce con quella dell'altro, ed in tal guisa si produce una laminetta triangolare che riempie l'angolo dovuto al divaricarsi dei corpi restiformi (fig. 205; fig. 207, *s*); ha il nome di *obice* (1) ed anch'essa in molti libri è a torto considerata come una formazione indipendente dalla tela coroidea. L'obice non sempre è bene manifestato; talvolta appare come una lamina brevissima, tal'altra manca completamente (G. Retzius). Le tenie mielencefaliche in alto, cioè verso gli angoli della tela coroidea, sono estroflesse, ossia si ripiegano in fuori sui corpi restiformi; ne vedremo in seguito la ragione.

La base della tela coroidea mielencefalica si continua con la volta del metencefalo, la quale nella parte media è formata da una massa solida, cioè dal verme cerebellare (fig. 205, *o*) e lateralmente a questo è costituita da due lamine molto sottili che si chiamano *veli midollari inferiori* (fig. 205, *l*; fig. 207, *i*);

siccome la tela coroidea è situata in un piano orizzontale ed i veli midollari in un piano obliquo dall'alto al basso e dall'indietro in avanti (fig. 205), ne risulta che essi incontrandosi con la tela formano

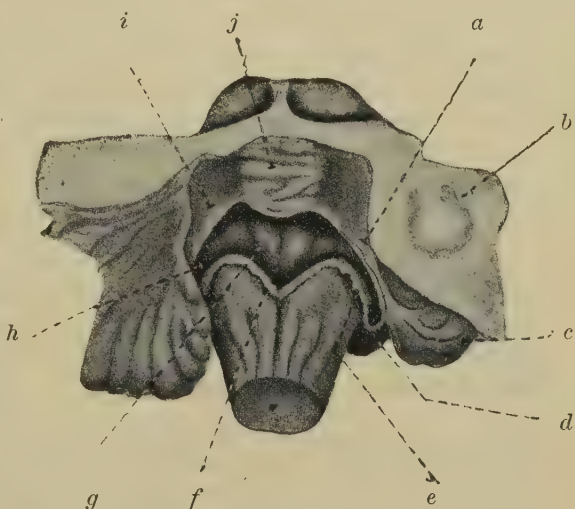


Fig. 207 — Tenie mielencefaliche e peduncolari. Il ventricolo mielencefalico è stato aperto asportandone la tela coroidea, che si inseriva al margine libero dell'ugola cerebellare (*j*) e dei veli midollari inferiori (*i*), ed ai margini delle tenie mielencefaliche (*f*); sono stati aperti anche i recessi laterali (*h*) del ventricolo, con l'asportazione dei prolungamenti laterali della tela coroidea che li coprivano (in un uomo di 30 anni: grand. natur.). — *a*, peduncolo del flocculo e tenia peduncolare che gli aderisce; *b*, cervelletto sezionato; *c*, flocculo; *d*, estremità del recesso laterale del ventricolo; *e*, tenia del recesso laterale; *g*, ventricolo mielencefalico aperto e sua parete anteriore.

(1) Dal latino *obex*, che significa *barra, ostacolo trasversalmente posto*, ar-

un angolo diedro aperto in dietro ed in alto. Aprendo la fessura mielo-cerebellare e strappando la tela, essa si stacca sempre dai veli midollari inferiori e dal verme cerebellare (fig. 207); per ciò i veli sembrano indipendenti dalla tela ed errando così li riguardano molti autori.

L'apice della tela coroidea si inserisce all'obice, come abbiamo sopra accennato; però questa inserzione avviene in un modo del tutto particolare. Infatti la tela, sopra alla sua continuazione coll'obice, è rigonfiata come una vescica in modo da produrre un prolungamento conico che, esternamente all'obice, penetra tra i due corpi restiformi (fig. 205); mentre nel feto tale prolungamento è separato dall'obice e dai corpi restiformi (fig. 208, *A*), nell'adulto la sua parete inferiore si fonde con l'obice e coi corpi suddetti (*B*) e così non ne rimane libera che la faccia esterna. A tale prolungamento della tela coroidea daremo il nome di *prolungamento inferiore* e chiameremo *recesso inferiore del ventricolo mielencefalico* la cavità che esso contiene. Il recesso è stato erroneamente interpretato come uno sdoppiamento del quarto ventricolo.

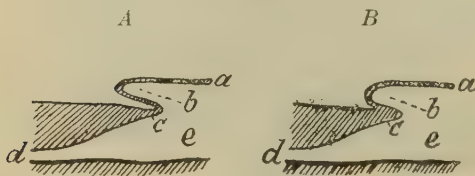


Fig. 208 — Inserzione della tela coroidea all'obice nel feto (*A*) e nell'adulto (*B*); sezioni sagittali paramediane schematiche. — *a*, tela coroidea; *b*, recesso inferiore del ventricolo mielencefalico; *c*, obice; *d*, condotto mielencefalico.

Gli angoli anteriori della tela coroidea mielencefalica si estroflettono formando due diverticoli che, come abbiamo già visto, attraversano i corpi restiformi sopra alle strie acustiche e terminano con le loro estremità arrotondate e rigonfie nelle fosse postolivari: sono i

sopra ricordati *recessi laterali del ventricolo mielencefalico* (fig. 205, *n*). I recessi presentano una parete posteriore costituita dalla tela coroidea estroflessa, nella quale si osservano molti villi coroidei; la parete anteriore è formata dai corpi restiformi, sui

gine ecc. (cfr. Forcellini, *Lexicon totius Latinitatis*: Georges, *Lexicon*); l'obice del mielencefalo è infatti una lamina trasversale che, a guisa di barra, è tesa dietro all'apice del ventricolo. Il sostantivo *obice* ha il significato latino di barra anche nella lingua italiana (cfr. i lessici del Petrocchi, del Fanfani, ecc.).

quali decorrono le strie acustiche; la parete superiore è prodotta da un grosso cordone nervoso o *peduncolo del flocculo* (fig. 207, *a*), al quale la tela estroflessa si inserisce per mezzo di una *tenia*, simile alla mielencefalica, che chiameremo *tenia superiore del recesso laterale* (fig. 207); la parete inferiore è costituita dall'attacco della tela che copre il recesso al corpo restiforme (fig. 207) ed anche questo si compie con l'interposizione di una tenia (*e*) alla quale diamo il nome di *tenia inferiore del recesso laterale*. La tenia superiore medialmente si continua col margine inferiore del corrispondente velo midollare inferiore (*i*), la inferiore si continua invece con la tenia mielencefalica (*f*) incontrandosi con essa ad angolo arrotondato; lateralmente le due tenie di ogni recesso si uniscono insieme (fig. 207).

Il prolungamento della tela che copre i recessi laterali termina lateralmente rigonfiandosi (fig. 205, *n*) e da esso pendono molti villi coroidi; per ciò questi recessi hanno anche il nome di *corni dell'abbondanza*, essendosi paragonati i recessi a cornucopie ed i villi ai fiori ed alle frutta che le riempiono.

Presso all'apice la tela corioidea mielencefalica ha un grosso pertugio, *foro corioideo* o *apertura inferiore del ventricolo mielencefalico* (fig. 205, *r*) (1); esso fa comunicare il ventricolo (e quindi tutti gli altri ventricoli dell'encefalo ed il canale centrale della midolla, che con quello comunicano) con gli spazi intraracnoidali. L'orifizio è rotondo, ellittico o rombico con angoli arrotondati; è largo 5-6 mm., lungo 8-9 mm. e talvolta ha contorni frastagliati. Raramente manca (nel 2 %, secondo G. Retzius); compare verso il 3°-4° mese (Retzius). Trabecole fibrose possono attraversarlo in varia guisa, dandogli un aspetto reticolato.

Anche agli apici di ogni recesso laterale si trova un orifizio, meno costante, chiamato *apertura laterale del ventricolo mielencefalico* (2).

Basi del mielencefalo — Poichè il mielencefalo ha la forma di un tronco di cono, vi possiamo distinguere due basi, una superiore che è la più ampia e che si continua col metencefalo,

(1) Ingiustamente detto *foro del Magendie*, perchè questo Autore lo descrisse nel 1825, mentre A. Haller (1762) e D. Cotugno (1770) lo avevano fatto conoscere molto tempo prima.

(2) E anche chiamato *foro del Luschka* in onore del suo scopritore.

l'altra inferiore che si prolunga nella midolla spinale. Entrambi sono artificiali, perchè prodotte dai piani che servono a delimitare il bulbo.

La base superiore è indicata dal solco bulbo-pontino (cfr. a pg. 359) con le sue particolarità cioè col foro cieco, con la fossetta preolivare e con la fossetta postolivare; il solco termina così allargato e profondo presso al corpo restiforme da costituire una nuova fossetta, che ha il nome di *fossetta laterale del bulbo* (fig. 204); da essa sorgono le radici dei nervi facciale, intermedio ed acustico.

In corrispondenza della base inferiore il mielencefalo è più piccolo che nel resto, perchè, come abbiamo sopra detto, questa base corrisponde all'apice tronco di un cono; per ciò alcuni Autori chiamano *colletto del bulbo* questa porzione di mielencefalo.

B - Forma interna

La conformazione interna del mielencefalo è molto diversa nelle due parti che lo costituiscono e delle quali già conosciamo la conformazione esterna, cioè nella midolla allungata e nella tela coroidea. Lo studio della conformazione interna comprende inoltre anche quello delle cavità che si trovano nel mielencefalo e che sappiamo essere il condotto mielencefalico ed il ventricolo mielencefalico (cfr. a pg. 356). Per conseguenza divideremo la descrizione della forma interna del mielencefalo in tre parti, cioè in quella della midolla allungata, in quella della tela coroidea mielencefalica ed in quella del condotto e del ventricolo mielencefalico.

I - Conformazione interna della midolla allungata

La midolla allungata è costituita da sostanza bianca e da sostanza grigia (fig. 209); questa forma uno *strato corticale* (*b*) e degli ammassi centrali (*a*, *i*, *e*), quella è interposta tra le predette parti grigie ed in alcune zone è superficiale. La disposizione delle due sostanze è quindi ben diversa da quella della midolla spinale.

La quantità di sostanza grigia bulbare in una sezione trasversa supera la spinale tanto in senso assoluto che relativo; questa è però più omogenea, mentre quella contiene molte fibre nervose.

Esaminiamo separatamente le varie sostanze della midolla allungata o bulbo.

Strato grigio corticale — È molto sottile (in media ha uno spessore di mm. 0,06), penetra nei solchi e nella fessura mielencefalica ed accompagna i vasi sanguiferi che si addentrano nella sostanza nervosa (fig. 209, *b*). In corrispondenza delle piramidi si riduce notevolmente e per ciò le piramidi hanno un colore più bianco di quello che si osserva nel resto della midolla allungata; manca poi in corrispondenza delle fibre arciformi esterne, che decorrono nel suo spessore e completamente la invadono. In alcune regioni, come ad es. nel tubercolo cinereo, la sostanza grigia interna sporge sulla superficie mielencefalica ed allora lo strato corticale è fuso con la sostanza predetta. Spogliando la midolla allungata dalla pia madre, una parte dello strato corticale resta attaccato alla meninge; per osservarlo in totalità bisogna quindi esaminare delle sezioni di mielencefalo nelle quali la pia madre sia conservata a suo posto. Lo strato corticale è molto manifesto nelle preparazioni fatte col metodo del Weigert (cfr. a pg. 134), perchè in esse resta di colore arancio chiaro, mentre la sostanza bianca si colora in blu intenso.

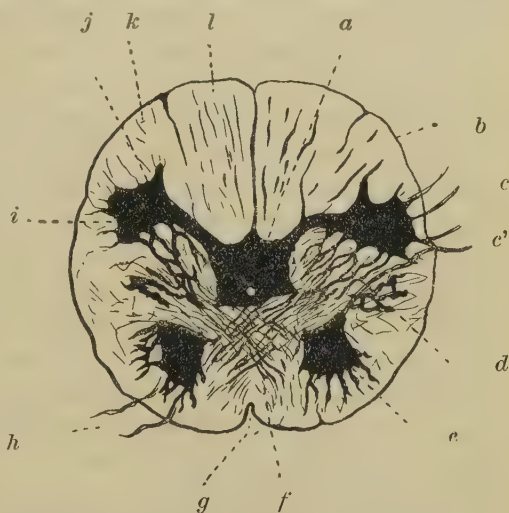


Fig. 209 — La sostanza grigia nella metà inferiore del bulbo (sezione trasversale fatta subito sopra al limite tra midolla spinale ed encefalo; ingrand. = 4 D.). — *a*, zona grigia centrale; *b*, strato corticale; *c*, radicole posteriori del I nervo cervicale; *c'*, radicola del nervo spinale; *d*, formazione reticolare; *e*, zona grigia anteriore; *f*, incrociamento delle piramidi; *g*, fessura bulbare; *h*, radicole anteriori del I nervo cervicale; *i*, colonna posteriore; *j*, processo del fascicolo cuneato; *k*, fascio cuneato; *l*, fascio gracile.

Lo strato grigio corticale è congiunto alla sostanza grigia centrale per mezzo di numerosi setti gliali che in basso si continuano con quelli della midolla spinale; assomigliano a questi

presso al limite inferiore del bulbo, mentre se ne distinguono andando in alto. Oltre a molteplici sepimenti raggiati, irregolari per ordine e situazione, anche nel bulbo ve ne sono di quelli regolarmente disposti. Lungo la linea mediana posteriore si osserva un *setto mediano posteriore*, il quale in basso si continua con quello midollare (cfr. a pg. 169), in alto termina all'altezza dell'obice, col tessuto che forma questa lamina; a misura che si sale in alto diventa più grosso e più corto sino a che presso all'obice si riduce ad un cuneo di sostanza gelatinosa, che sembra un processo della sostanza gelatinosa centrale. I *setti intermedi posteriori* (cfr. a pg. 167) sono pure bene manifesti nella metà inferiore del bulbo, ove nelle sezioni trasversali hanno forma arcuata con la concavità volta lateralmente; dai loro apici si diparte una lamina formata da molte trabecole gliali che va verso l'inserzione del setto mediano posteriore alla sostanza centrale. I setti intermedi posteriori circa alla metà dell'incrociamiento piramidale diventano meno manifesti ed a livello dell'obice terminano completamente. I *setti intermedi anteriori* (cfr. a pg. 167) di regola si osservano solo al di sotto dell'incrociamiento piramidale e si estendono dai solchi omonimi alle teste delle colonne anteriori; molto ridotti si possono trovare anche più in alto, ai lati delle piramidi bulbari. Infine nel mezzo dei cordoni laterali ho osservato un setto che va fino alla base di ogni colonna posteriore e che nelle sezioni trasversali ha forma arcuata con la concavità posteriormente volta; anch'esso manca nella metà superiore del bulbo.

Lo strato grigio corticale presenta caratteri speciali in corrispondenza delle piramidi, in vicinanza della fessura mielencefalica; infatti mostra degli inspessimenti così grossi da costituire degli speciali nuclei di sostanza grigia talvolta visibili ad occhio nudo, per lo più asimmetrici, che hanno il nome di *nuclei arcuati* od *arciformi* perchè sono attraversati dalle fibre arciformi esterne. Quattro sono i principali, due per ogni lato, e cioè i *nuclei arcuati prepiramidali* ⁽¹⁾ ed i *nuclei arcuati paramediani* ⁽²⁾. I primi si trovano nella faccia anteriore delle piramidi, circa nel suo mezzo, e nelle sezioni trasversali hanno spesso forma trian-

(1) Sinonimia: *Nucleo triangolare, nucleo arcuato principale, nucleo arcuato ventrale.*

(2) Sinonimia: *Nucleo arcuato secondario, nucleo arcuato parafessurale.*

golare con la base in avanti; i secondi sono posti subito ai lati della fessura bulbare, là ove le sue pareti si continuano con la faccia anteriore del bulbo. I nuclei prepiramidali sono bene manifesti nella metà inferiore della oliva corrispondente; invece i nuclei paramediani si trovano più in alto ed hanno le maggiori dimensioni a livello dell'obice. Quelli terminano bruscamente, questi invece si continuano con gruppi cellulari disseminati lungo una striscia che si conserva situata ai lati della fessura bulbare; questi gruppi cellulari in corrispondenza del solco bulbo-pontino ritornano a diventare così voluminosi da poterli osservare ad occhio nudo o con l'aiuto di una lente; a questi nuclei, che per lo più sono situati ai lati del foro cieco, si dà il nome di *nuclei prepontini o preprotuberanziali*, perchè precedono la comparsa di numerosi nuclei simili per significato e situazione che troveremo nel ponte del Varolio.

Oltre ai nuclei arcuati principali ve ne sono frequentemente di secondari, irregolari per volume e situazione, che per lo più si trovano tra quelli; li indico col nome di *nuclei accessori*. Si osservano di solito alle estremità dei nuclei principali; tra essi potremo riguardare quindi anche quelli che trovammo tra i nuclei paramediani ed i nuclei prepontini. Talvolta da uno dei nuclei principali o da un nucleo accessorio si spinge uno sprone di sostanza grigia entro alle piramidi; lo si chiama *nucleo arcuato intrapiramidale*, e può essere in parte od in totalità isolato dai nuclei superficiali. Alla categoria dei nuclei arcuati taluni ascrivono infine un nucleo che spesso è posto dietro alle piramidi (*nucleo retropiramidale* del Dejerine (1)); è però incerto se sia tale o se piuttosto non si deva riguardare come un nucleo appartenente alla formazione reticolare.

I nuclei arcuati mancano nei casi di mancanza congenita del cervelletto (Zingerle); possono essere molto più voluminosi dei normali (Catola, Oeconomakis).

Sostanza grigia interna — Se si esamina una serie di sezioni trasversali di midolla allungata incominciando dal limite inferiore di quest'organo, si vede che la sostanza grigia interna

(1) In parte corrisponde al *ganglio postpiramidale* del Cajal; sotto questo nome il Nevrologo spagnuolo comprende una massa grigia, mal delimitata dal resto della formazione reticolata e dall'oliva, posta dietro alle piramidi.

della midolla spinale si continua ininterrotta con quella della midolla allungata, perdendo però la sua disposizione caratteristica ed inoltre si osserva che nella midolla allungata si incontrano delle masse di sostanza grigia che mancano nella midolla spinale. Dovremo per ciò distinguere nella midolla allungata due sorta di sostanza grigia interna, quella che è comune alla midolla allungata ed alla midolla spinale e quella che è propria alla midolla allungata.

1) *Sostanza grigia interna comune alla midolla spinale ed alla midolla allungata* — Dalla midolla spinale (ove costituisce una massa unica in cui si distinguono la sostanza

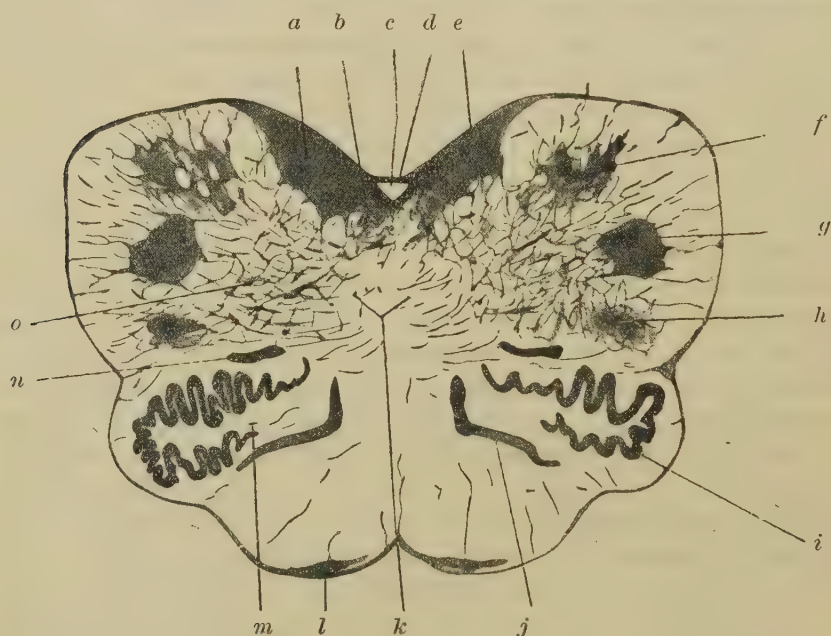
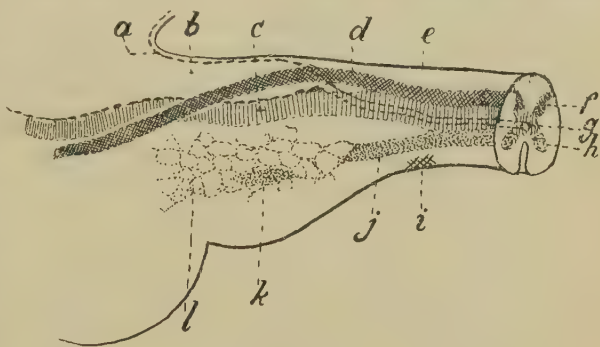


Fig. 210 — La sostanza grigia nella metà superiore del bulbo (sezione trasversale fatta a livello dell'obice, subito sotto al recesso inferiore del ventricolo mielencefalico). — *a*, zona grigia centrale; *b*, nucleo dell'ipoglosso; *c*, sbocco del condotto mielencefalico nel ventricolo; *d*, obice; *e*, nucleo dell'acustico; *f*, nucleo del fascio cuneato; *g*, zona grigia posteriore; *h*, nucleo laterale; *i*, nucleo olivare; *j*, nucleo paraolivare anteriore; *k*, formazione reticolare bianca; *l*, nucleo prepiramidale; *m*, ilo dell'oliva; *n*, nucleo paraolivare posteriore; *o*, formazione reticolare grigia.

grigia centrale, le colonne anteriori e le colonne posteriori (cfr. a pg. 167 e seg.), la sostanza grigia comune passa nella midolla allungata dividendosi in cinque zone; una di queste zone è centrale e corrisponde alla sostanza grigia centrale della midolla

spinale, *due zone sono anteriori* e corrispondono alle teste delle colonne anteriori, *due zone sono posteriori* e si continuano con le teste delle colonne posteriori (fig. 211). La divisione suddetta non avviene tutta al medesimo livello, perchè sotto all'incrocciamento delle piramidi (cfr. a pg. 366) si staccano dal resto le teste delle colonne anteriori (fig. 211, *j*; fig. 209, *e*) e poi, sopra al predetto incrocciamento, si separano anche le teste delle colonne posteriori (fig. 211, *d*; fig. 210, *g*). Delle cinque zone, che per la loro forma allungata si possono paragonare a colonne od a striscie, tre sono lunghe quanto la midolla allungata e cioè la zona centrale (fig. 211, *c*) e le due che si continuano con le teste delle colonne posteriori (fig. 211, *d*; fig. 210, *g*), mentre le altre due sono molto brevi terminando subito sopra all'incrocciamento delle piramidi (fig. 211, *j*). Per conseguenza nelle sezioni fatte sopra al limite superiore del predetto incrocciamento si osservano tre sole zone grigie, la centrale e le posteriori (fig. 210).



Nella midolla spinale tra le colonne anteriori e posteriori abbiamo descritto un intreccio di lamine di sostanza grigia col nome di *formazione reticolare* (cfr. a pg. 173); questa formazione si continua anch'essa dalla midolla spinale alla midolla allungata, ed in corrispondenza del tratto nel quale la sostanza grigia comune è divisa in cinque zone, la formazione reticolata si trova da ogni lato tra le zone anteriori e le posteriori (fig. 209, *d*); nel tratto in cui sono scomparse le zone anteriori (fig. 210), la formazione reticolata (*o*) si trova al davanti delle zone posteriori (*g*), occupando anche l'area nella quale nel tratto suddetto si trovano le zone anteriori (fig. 209, *d*; fig. 211, *l*). Per conseguenza

Fig. 211 — Continuatione tra la sostanza grigia della midolla spinale e quella della midolla allungata (Schema). — *a*, tela coroidea mielencefalica; *b*, ventricolo mielencefalico; *c*, zona grigia centrale; *d*, zone grigie posteriori; *e-i*, limite tra il mielencefalo e la midolla spinale; *f*, colonne posteriori; *g*, canale centrale e sostanza grigia che lo circonda; *h*, colonne anteriori; *i*, incrocciamento delle piramidi; *j*, zone grigie anteriori; *k*, nucleo ambiguo; *l*, formazione reticolare.

si potrebbe asserire che le zone anteriori terminano come masse compatte poco sopra all'incrociamiento delle piramidi e si continuano poi lungo tutta la midolla allungata trasformandosi in formazione reticolare (fig. 211). In alcuni tratti questa formazione diventa compatta, producendo così dei nuclei allungati (*nucleo del fascio laterale, nucleo ambiguo*); nelle sezioni trasversali sembra allora che si siano ricostruite le zone anteriori (fig. 211, *k*).

Le cinque zone di sostanza grigia comune suddette conservano in parte il carattere anatomico e funzionale che hanno le porzioni della sostanza grigia della midolla spinale con le quali si continuano. Infatti le zone anteriori contengono cellule radicolari e danno origine a fibre motrici (nervo spinale) e le zone posteriori costituiscono il nucleo terminale di fibre sensitive (radice discendente del nervo trigemino); però la zona centrale ha carattere di centro motore nel suo lato anteriore e di centro sensitivo nel suo lato posteriore e per ciò contiene cellule radicolari e cellule funicolari sensitive.

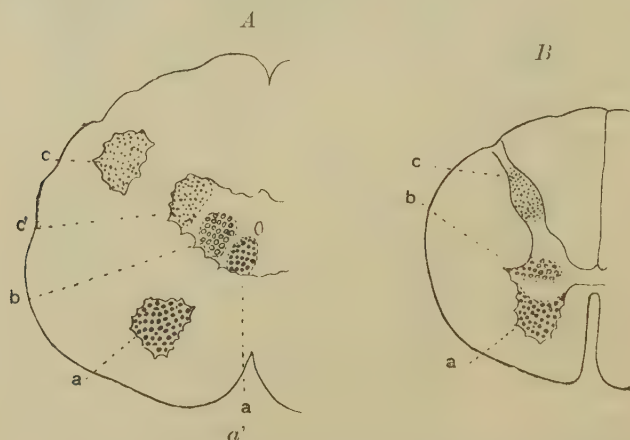


Fig. 212 — Disposizione della sostanza motrice e sensitiva somatica e viscerale nel bulbo (*A*) e nella midolla spinale (*B*): Schemi. — *a, a'*, cellule radicolari somatiche; *b*, cellule radicolari viscerali; *c, d*, cellule funicolari sensitive.

In quasi tutti i libri di nevrologia si legge che la divisione della sostanza grigia passando dalla midolla spinale alla midolla allungata avviene in modo che le teste delle colonne anteriori e posteriori si separano dalle basi e che le cinque zone grigie che ne risultano conservano perfettamente i caratteri funzionali che avevano nella midolla; ciò è inesatto. Infatti se teniamo presente

la partizione che abbiamo fatta nella midolla spinale della sostanza grigia motrice e sensitiva in sostanza somatica e viscerale, vediamo che la sostanza grigia motrice somatica, la quale nella midolla è contenuta nelle teste delle colonne anteriori (cfr. a pg. 206), nel mielencefalo si trova tanto nelle zone grigie anteriori che con tali teste si continuano (fig. 212, *a'*), come pure nella parte anteriore della zona grigia centrale (*a*); la sostanza grigia motrice viscerale (*b*) si trova nella zona grigia centrale, ai lati della precedente; la sostanza grigia sensitiva (*c*, *d*) è contenuta tanto nelle zone grigie posteriori che nella zona grigia centrale.

Se la midolla allungata non contenesse altra sostanza grigia interna e se il condotto mielencefalico non si dilatasse nella sua metà superiore, le zone grigie ora descritte conserverebbero sempre la posizione che hanno in prossimità della midolla spinale, cioè la centrale circonderebbe sempre il condotto mielencefalico, le anteriori occuperebbero la posizione delle teste delle colonne anteriori della midolla spinale e le posteriori seguirebbero a trovarsi nel prolungamento delle colonne posteriori. Invece la comparsa delle masse grigie proprie alla midolla allungata e la dilatazione del condotto mielencefalico producono forti spostamenti nella posizione delle suddette zone grigie.

Le masse grigie proprie alla midolla allungata agiscono in senso inverso in corrispondenza del condotto ed in corrispondenza del ventricolo mielencefalico; infatti nel primo caso sono situate posteriormente al condotto mielencefalico e quindi per la loro presenza spingono verso l'esterno le teste delle colonne posteriori (fig. 209, *i*) e, quando esistono, anche quelle delle colonne anteriori (*e*); nel secondo caso invece tali masse (che si chiamano *olive mielencefaliche* e *nuclei paraolivari*) sono poste davanti alla formazione reticolare (fig. 210, *i*, *j*, *n*) e quindi tendono a spingere in dietro tale formazione e le retrostanti zone grigie posteriori.

La dilatazione del condotto mielencefalico per dar luogo al ventricolo mielencefalico produce spostamenti nelle zone grigie perchè essa non avviene in modo uniforme, ma si produce a spese della sola parete posteriore del condotto mielencefalico: infatti questa parete diventa molto sottile e si dilata, trasformandosi nella tela corioidea mielencefalica. Ne risulta allora che le pareti laterali del condotto vengono ruotate verso l'esterno (fig. 213) e quindi uguale spostamento subiscono tutte le parti che formano la midolla allungata, comprese le zone di sostanza

grigia comune ad essa ed alla midolla spinale. E questo spostamento si fa sentire sopra tutto sulla zona centrale, su quella cioè che circonda il condotto mielencefalico, perchè essa viene distesa sulla parete del ventricolo mielencefalico, in modo da prendere un aspetto laminare (fig. 213). Le parti di essa che erano anteriori nel condotto, diventano allora mediali nel ventricolo e quelle che erano posteriori nel condotto diventano laterali nel ventricolo (fig. 213).

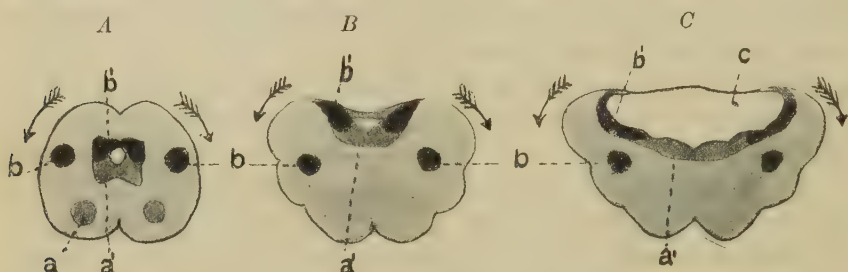


Fig. 213 — Spostamento che subisce nel bulbo la sostanza grigia comune ad esso ed alla midolla spinale per la presenza del ventricolo mielencefalico (sezioni trasversali schematiche fatte a varia altezza nel bulbo. — *a*, teste ed *a'*, basi delle colonne anteriori; *b*, teste e *b'* basi delle colonne posteriori; *c*, ventricolo. Le frecce indicano la direzione dello spostamento.

Le zone grigie ora ricordate presentano caratteri macroscopici che le distinguono a prima vista dalle corrispondenti zone della midolla spinale; esaminiamoli brevemente.

La *zona grigia centrale* nel limite tra il bulbo e la midolla spinale ha i medesimi caratteri di quella midollare (cfr. pg. 169); il condotto mielencefalico è circondato da un anello di *sostanza gelatinosa centrale*, sono bene manifeste la *commessura grigia anteriore* e la *commessura grigia posteriore* e si nota anche una chiara *commessura bianca anteriore*. Salendo in alto, allorchè le colonne anteriori si sono isolate trasformandosi nelle zone grigie anteriori, la sostanza centrale prende una forma diversa dalla precedente (fig. 209); infatti essa costituisce un accumulo quadrato, dai cui angoli posteriori si dipartono le tenui basi delle colonne posteriori; inoltre il condotto mielencefalico con la sua sostanza gelatinosa ne occupa la parte anteriore, e per ciò la commessura grigia anteriore è quasi scomparsa; la commessura bianca si è poi trasformata nell'*incrocciamento delle piramidi* (fig. 209, *f*). Quando poi anche le colonne posteriori si sono staccate dalla sostanza grigia centrale, lo che accade circa alla metà dell'incrocciamento

delle piramidi, allora la sostanza grigia centrale prende sezione in forma di triangolo, con la base volta posteriormente, nel cui mezzo si attacca il setto mediano posteriore; l'apice contiene il condotto mielencefalico con la rispettiva sostanza gelatinosa, alquanto diminuita. Più in alto ancora la zona centrale diminuisce di volume e prende sezione trasversa in forma di ellisse con l'asse maggiore diretto dall'avanti in dietro; aumenta di nuovo vicino all'obice, ove il setto mediano posteriore si trasforma nel grosso cuneo già ricordato (pg. 378) ed infine, quando comincia il ventricolo (fig. 210), questa zona si espande in larghezza avendo nelle sezioni trasverse la forma delle ali di una farfalla (fig. 210); come si vede nella figura, a questo momento essa in parte è intraventricolare, ma in parte è anche extraventricolare, trovandosi nella porzione mediale dei corpi restiformi (*a*). Da questo livello fino alla estremità superiore del ventricolo, la zona grigia centrale rimane espansa davanti alla parete anteriore del ventricolo stesso (*pavimento* degli Aa.), formando anche le tenie (fig. 213), e diminuisce molto la sua porzione extraventricolare a vantaggio della intraventricolare. Lungo tutto il ventricolo dalle parti laterali della zona grigia centrale si dirigono in avanti e lateralmente verso le rispettive zone grigie posteriori due grossi processi, uno per ogni lato, che si chiamano *nuclei dei fasci solitari* e che nel loro interno contengono un cordone cilindroide di sostanza bianca, avente il nome di *fascio solitario* (fig. 235, *j*). Le zone grigie centrali non sono omogenee; anche macroscopicamente mostrano aree più compatte ed aree meno compatte; le prime di solito corrispondono a gruppi di cellule nervose, cioè ai *nuclei della zona grigia centrale*.

Le *zone grigie anteriori* ⁽¹⁾ non si isolano d'un tratto dalla zona grigia centrale, ma gradatamente. Nel limite tra il bulbo e la midolla le zone anteriori hanno tutti i caratteri delle colonne omonime, perchè una striscia di sostanza grigia le unisce alla sostanza centrale; a misura che si sale in alto, in questa striscia compaiono dei fasci di fibre nervose, variamente diretti, che le danno un aspetto reticolato; i fasci aumentano rapidamente sinchè in corrispondenza dell'incrocciamento piramidale solo qualche esile

(1) Gli autori le chiamano *colonne anteriori o ventrali, corna anteriori o ventrali*; questi nomi possono far nascere confusione con le formazioni midollari omonime.

lamina grigia congiunge le zone anteriori alla sostanza centrale. Le zone anteriori presentano sempre molto sviluppato un *processo laterale*, simile a quello descritto nella porzione cervicale della midolla (cfr. a pg. 170); hanno spigoli arrotondati e danno origine ad una grande quantità di radiazioni che penetrano nella circostante sostanza bianca.

Le *zone grigie posteriori* nel limite inferiore del bulbo sono vere e proprie *colonne posteriori*, con tutti i caratteri che descrivemmo nelle colonne cervicali della midolla spinale (cfr. a pg. 174); hanno quindi (fig. 209) testa grossa e ripiegata in fuori, collo sottilissimo e base triangolare. Salendo in alto, circa alla metà dell'incrociamiento delle piramidi, il collo viene attraversato da molti fasci di sostanza bianca, che aumentano a poco a poco, trasformandolo così in una zona di sostanza reticolata; le teste delle colonne vengono allora distaccate dalle basi rispettive e si trasformano nelle zone grigie posteriori (fig. 210, *g*). Le basi rimangono unite alla zona grigia centrale, di cui formano gli angoli laterali; le teste invece si ripiegano in dietro e per il diminuire della sostanza bianca che le copre, subito sotto al ventricolo si fanno così superficiali da produrre quelle sporgenze che denominammo *tubercoli cinerei (del Rolando)*; esse non giungono però mai a confondersi con lo strato grigio corticale, perchè un esile strato di sostanza bianca (che vedremo appartenere ai fasci midollo-cerebellari posteriori) rimane sempre interposto tra le zone e lo strato grigio corticale. In corrispondenza del ventricolo le zone grigie posteriori rimangono immerse nella sostanza bianca (fig. 210, *g*), a notevole distanza dalla superficie bulbare. Per tutta la lunghezza del bulbo sono costituite da una massa grigia mediale corrispondente alle *teste delle colonne posteriori*, e da una cappa gelatinosa laterale, che si continua con la *sostanza gelatinosa del Rolando*; le due sostanze nella metà superiore del bulbo sono meno nettamente limitate. Le zone grigie posteriori formano i *nuclei della radice mielencefalica o discendente del nervo trigemino* (1).

La *formazione reticolare* è molto manifesta in tutto il mielencefalo ed occupa lo spazio situato tra la zona grigia centrale e le zone anteriori e posteriori (fig. 209, *d*), e dopo la scomparsa di queste si trova, come già dissi (pg. 381), al davanti della zona

(1) Sinonimia: *Nucleo del tratto spinale del nervo trigemino*, *Nucleo gelatinoso del nervo trigemino*.

grigia centrale, spingendosi fino ad una certa distanza dal piano sagittale mediano ed occupando quindi lo spazio che nelle parti inferiori del bulbo contiene le zone anteriori (fig. 210, o). Essa è più fitta di quella midollare e le lamine grigie che la formano, sono più grosse, e ciò tanto maggiormente quanto più si sale in alto; in alcune zone le lamine si addensano tanto da costituire degli accumuli che sono i *nuclei della formazione reticolare*. La formazione reticolare per la ricchezza della sostanza grigia si distingue subito dai sottili sepimenti gliali che attraversano tutta la sostanza bianca del bulbo, e che sono pure anastomizzati in modo da costituire delle maglie (fig. 209, 210); questi setti gliali subito ai lati del piano sagittale mediano sopra all'incrociamiento delle piramidi sono disposti in modo da produrre un fitto reticolo con maglie quadrilatera ed esso ha il nome di *formazione reticolare bianca* (fig. 210, k); non va confuso con la predetta formazione reticolare laterale, che perciò viene chiamata anche *formazione reticolare grigia*.

Sostanza grigia propria alla midolla allungata — È costituita da una serie di accumuli o di nuclei (fig. 214), sempre pari e simmetrici, alcuni dei quali sono indipendenti dalla sostanza grigia comune ed altri invece sono riuniti ad essa; naturalmente ciò avviene solo nell'adulto, perchè durante lo sviluppo (e meglio lo vedremo nell'apposito paragrafo) tutta la sostanza grigia della midolla allungata proviene da una sola zona perpendimale, a cui per un certo tempo rimane riunita. I nuclei propri sono tutti situati nell'interno del bulbo (fig. 214) ed i più grossi fanno sporgere sulla superficie mielencefalica la sostanza nervosa che li copre, determinando delle protuberanze che già conosciamo dallo studio della conformazione esterna del mielencefalo. Tali nuclei sono i *nuclei dei fascicoli gracili* (del Goll), i *nuclei dei fascicoli cuneati* (del Burdach), le *olive mielencefaliche* ed i *nuclei paraolivari*; esaminiamoli ad uno ad uno.

I *nuclei dei fascicoli gracili* (fig. 214, e; fig. 215, i) appaiono come due colonne di sostanza grigia che si trovano ai lati del solco mediano posteriore entro ai cordoni posteriori e che incominciano circa alla metà dell'incrociamiento delle piramidi per terminare all'altezza dell'obice (fig. 214). Hanno quindi una lunghezza di circa 12 mm. In basso sono isolati dal resto della sostanza grigia, hanno sezione ellittica e cominciano con estremità assottigliata (fig. 214); poco sopra all'incrociamiento pirami-

dale diventano più grossi ed allora sono riuniti alla zona grigia centrale per mezzo di una lamina di sostanza grigia, cosicchè nelle sezioni hanno la forma di una clava (fig. 215); a misura che vanno in alto, la lamina suddetta si accorcia e per ciò i nuclei finiscono per fondersi con la sostanza grigia centrale; terminano scomparendo a poco a poco (fig. 214). La porzione rigonfiata dei nuclei in questione determina sulla faccia posteriore del bulbo la *clava o tubercolo gracile* (cfr. a pg. 369).

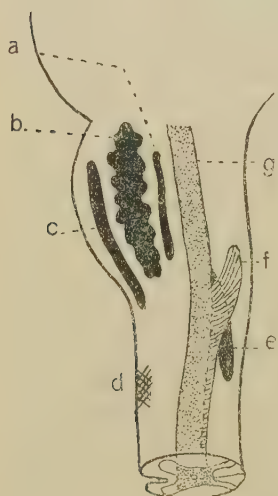


Fig. 214 — La sostanza grigia propria del bulbo (veduta dall'esterno del mielencefalo immaginato trasparente). — *a*, nucleo paraolivare posteriore; *b*, nucleo olivare; *c*, nucleo paraolivare anteriore; *d*, incrocciamento delle piramidi; *e*, nucleo del fascicolo gracile; *f*, nucleo del fascicolo cuneato; *g*, zona grigia centrale.

I *nuclei dei fascicoli cuneati* hanno pure la forma di colonne grigie e sono posti ai lati dei precedenti, entro ai cordoni posteriori (fig. 214, *f*; fig. 215, *a*); all'esterno di tali nuclei si vedono le zone grigie posteriori (fig. 215, *e*), cioè le continuazioni delle teste delle colonne grigie posteriori della midolla spinale. Incominciano già nella midolla spinale, a livello del III paio di nervi cervicali, come due sporgenze delle colonne posteriori volte verso i fascicoli cuneati, sporgenze che per ciò sono chiamate *processi cuneati delle colonne posteriori* (fig. 214, *f*). A misura che salgono in alto si fanno più manifeste, sino a che all'altezza dell'incrocciamento piramidale (*d*) appaiono come due grossi sproni. Sopra all'incrocciamento aumentano di volume, prendono la forma di colonne e vengono separati dalla zona grigia centrale per mezzo di uno strato di sostanza bianca; mantenendosi così isolati, si spingono in alto oltrepassando di 4-6 mm. l'estremità dei nuclei dei fascicoli gracili, per terminare bruscamente dopo es-

sere alquanto diminuiti di volume (fig. 214). Mentre in tutto il loro cammino si conservano separati dalle zone grigie comuni sopra ricordate (fig. 215), presso alla loro estremità superiore sono riuniti a tali zone per mezzo di una formazione reticolata che diventa sempre più fitta. I nuclei dei fascicoli cuneati hanno quindi una forma opposta a quella dei nuclei dei fascicoli gracili (fig. 214); questi sono liberi in basso e fusi in alto

con la zona grigia centrale comune, quelli invece sono fusi con tale zona in basso e invece liberi in alto. I nuclei dei fascicoli cuneati, considerati nell'insieme, sono più voluminosi di quelli dei fascicoli gracili. Alla presenza dei nuclei dei fascicoli cuneati si devono le sporgenze che abbiamo descritto nella faccia posteriore del mielencefalo col nome di *tubercoli cuneati* (cfr. a pg. 369).



Fig. 215 — Sostanza grigia interna del bulbo in una sezione trasversale fatta in corrispondenza dell'incrociamiento delle piramidi. — *a*, nucleo del fascicolo cuneato; *b*, *d*, *e*, *g*, *h*, *i*, sostanza grigia; *c*, *f*, *l*, sostanza bianca.

Ciascun nucleo del fascicolo cuneato è costituito da due porzioni, una mediale e l'altra laterale, che si chiamano *porzione mediale del nucleo del fascicolo cuneato* ⁽¹⁾ e *porzione laterale del nucleo del fascicolo cuneato*; ⁽²⁾ sono indicate da un maggiore adden-

(1) È riguardata comunemente come un nucleo distinto ed ha il nome di *nucleo interno del funicolo cuneato*, *nucleo mediale*, *nucleo interno del Burdack*, *nucleo parvicellulare del fascicolo cuneato*.

(2) Lo si considera anch'esso come un nucleo speciale ed ha i nomi di

samento della sostanza grigia. La porzione mediale è la più grossa, comincia a rendersi riconoscibile al limite inferiore dell'incrociamiento delle piramidi ed ha il massimo di sviluppo verso l'estremità superiore di questo incrociamiento; la porzione laterale comincia ad essere manifesta verso la metà dell'incrociamiento delle piramidi ed ha le maggiori dimensioni subito al di sopra di tale incrociamiento. Studiando la struttura, vedremo come queste porzioni dei nuclei dei fascicoli cuneati siano diverse per la forma delle loro cellule.

Siccome tanto i nuclei dei fascicoli gracili come quelli dei fascicoli cuneati non giungono mai fino alla superficie del mielencefalo, ma rimangono sempre coperti da uno strato di sostanza bianca, ne risulta che tanto la clava che i tubercoli cuneati hanno colore bianco.

I *nuclei olivari inferiori* (1) (fig. 204, *b*; fig. 210, *i*) sono grossi e situati nelle parti laterali del mielencefalo, davanti alle zone grigie posteriori comuni (teste delle colonne posteriori) ed immersi entro alla formazione reticolata che, come sappiamo, sopra all'incrociamiento delle piramidi continua le zone grigie anteriori, rappresentanti le teste delle colonne anteriori della midolla spinale. La forma di questi nuclei, che sono due, uno destro e l'altro sinistro, è caratteristica, perchè hanno l'aspetto di tasche, col fondo volto verso la superficie laterale del bulbo e la bocca (*ilo dell'oliva*) volta verso l'interno (fig. 210). Le pareti di tali tasche non mostrano alcuna interruzione; sono costituite da una lamina di sostanza grigia, larga 0.2-0.3 mm., la quale è indipendente da tutta l'altra sostanza grigia del mielencefalo, esclusa solo quella della formazione reticolata, perchè con questa si trova in diretta continuazione. Le pareti suddette sono ripiegate su loro stesse in numerose dentellature (fig. 210), cosicchè l'oliva si può paragonare ad una tasca a pareti raggrinzate.

nucleo esterno del funicolo cuneato, nucleo laterale, nucleo esterno del Burdach, nucleo del Monakow, nucleo magnocellulare del fascicolo cuneato.

(1) Ordinariamente sono chiamati *olive inferiori* o *bulbari*; però la commissione della nomenclatura anatomica di Basilea ha stabilito che il nome *oliva* va serbato per indicare la sporgenza prodotta sulla superficie del bulbo dal *nucleo olivare inferiore*. Il nome *oliva* è antico; già il Vieussens (1685) parla di un *corpus olivare*.

Sinonimia del nucleo olivare inferiore: *Corpo fimbriato* (Meckel), *corpo o nucleo romboidale, corpo o nucleo dentato del bulbo*.

Le pareti si distinguono in *parete anteriore* ed in *parete posteriore*; le dentellature sono molto più numerose e più accentuate in quest'ultima. Chiamasi *polo superiore* l'estremità superiore e *polo inferiore* l'altra estremità del nucleo olivare. Attorno a questo nucleo anche macroscopicamente si distingue uno strato continuo di sostanza bianca, che ha il nome di *strato zonale* o di *mantello dell'oliva*; esso è formato da molte specie di fibre ed invia diverticoli entro alle depressioni interposte tra le piegature del nucleo olivare.

I nuclei olivari sono molto più corti del mielencefalo (fig. 214, *b*); incominciano circa 2.5 mm. sopra all'incrociamiento delle piramidi (*d*) e si spingono fino al solco bulbo-pontino; cominciano quindi un po' più in alto dei nuclei del fascicolo gracile e del cuneato e terminano un po' più in basso. L'asse longitudinale dei nuclei è di 12-15 mm., quello dell'ilo di 8-9 mm.; il diametro trasversale dei nuclei (cioè l'altezza della tasca collocata con la bocca in alto) è di 6 mm.; il diametro verticale (cioè la larghezza della borsa) è di 5 mm.; la larghezza massima dell'ilo è di 3 mm. Il fondo della tasca olivare è arrotondato e si chiama *angolo del nucleo olivare inferiore* (fig. 210); tra esso e la superficie mielencefalica sta sempre interposto uno strato di sostanza bianca largo 0.2 mm. Questo strato è spinto verso la superficie dal nucleo sottostante e per conseguenza produce quella sporgenza della faccia laterale del bulbo che abbiamo denominato *oliva bulbare* (cfr. a pg. 367).

I *nuclei paraolivari o nuclei olivari accessori* (fig. 210) sono in numero di due per ogni lato e si distinguono in *anteriori* (*j*) ed in *posteriori* (*n*) (rispettiv. ventrali e dorsali dell'anatomia comparata); gli anteriori si trovano situati subito al davanti della parete omonima del nucleo olivare, i posteriori sono invece posti dietro alla parete posteriore dell'oliva. I nuclei paraolivari hanno l'aspetto di lamine grigie lunghe e strette, situate parallelamente alle pareti della tasca olivare (fig. 214) e con lievissime ondulazioni: sono sempre divisi dall'oliva per mezzo di un sottile strato di sostanza bianca (fig. 210).

Il *nucleo olivare accessorio anteriore* (1) (mediale di alcuni autori)

(1) Sinonimia: *Grande nucleo piramidale* (Stillings), *Paraoliva interna* (Lenhossék), *Nucleo giustaolivare interno* (*N. juxta-olivaire interne*: Duval), *Nucleo piramidale* (Henle).

è lungo in media 11 mm. e nella metà della sua lunghezza è largo 5 mm.; la sua estremità inferiore si trova circa 1.5 mm. sopra all'incrociamiento delle piramidi e quindi si spinge più caudalmente di quella del nucleo olivare (fig. 214, *c*); l'estremità superiore è invece situata più caudalmente di quella di tale nucleo e si trova 3-4 mm. sotto al limite superiore del mielencefalo (fig. 214). La lamina grigia che costituisce questo nucleo, nella parte media della sua lunghezza è piegata in modo da costituire un angolo diedro di 100-120° aperto verso l'esterno (fig. 210, *j*); così in questo tratto la lamina suddetta produce una sorta di doccia longitudinale, delle cui pareti una è inferiore e sta in rapporto con la parete inferiore del nucleo olivare inferiore e l'altra si spinge medialmente all'ilo olivare, in modo da coprirlo (fig. 210). Qualche autore (Obersteiner) considera le due pareti della doccia come nuclei distinti e chiama *paraoliva ventrale* la parete inferiore e *paraoliva mediale* la parete mediale.

Il *nucleo olivare accessorio posteriore* (1) (laterale di alcuni autori) è più corto del precedente (fig. 214), avendo una lunghezza di 9 mm. ed è anche più stretto, perchè la sua larghezza massima misura 4 mm. Incomincia a comparire ad un livello più alto del nucleo paraolivare anteriore e dell'olivare, poichè la sua estremità inferiore si trova 3 mm. circa sopra all'incrociamiento delle piramidi (fig. 214); termina un po' prima del nucleo paraolivare anteriore. Non è piegato, ma ha l'aspetto di una lamina grigia, lunga e stretta, a superficie regolari (fig. 210, *n*). Il suo margine mediale non sorpassa quello della sottostante parete olivare. Lo spessore della lamina che lo forma, supera di poco quella della lamina che costituisce l'oliva. In qualche caso il nucleo paraolivare posteriore è molto più piccolo di quello che si ha normalmente; in altri casi è frammentato.

Come i nuclei olivari così i nuclei paraolivari sono spesso asimmetrici; le paraolive paiono divise in più nuclei nei microcefali.

Sostanza bianca — La sostanza bianca della midolla allungata non si può dividere in cordoni, come quella della midolla spinale, perchè la sostanza grigia interna non costituisce più una

(1) Sinonimia: *Nucleo paraolivare* (Oliven - Neben - Kern, Stilling), *Paraoliva esterna* (äussere Nebenolive, Lenhossèk)

sola massa, ma varie zone; per conseguenza si dovrà solo affermare che nel piano che limita la midolla spinale dalla midolla allungata avviene una diretta continuazione tra i cordoni della midolla spinale e la sostanza bianca del bulbo. I cordoni posteriori si conservano però anche nel bulbo per un piccolo tratto sopra all'incrocciamento delle piramidi, cioè fino al momento nel quale le zone grigie posteriori del bulbo si separano dalla zona centrale.

La sostanza bianca del bulbo anche grossolanamente non presenta in generale quella uniformità di colore e di consistenza che mostra nella midolla spinale; ciò dipende da due fattori, cioè dalla grande estensione che prende nel bulbo la formazione reticolare e dalla presenza di numerosissime fibre a decorso trasversale, mentre nella midolla spinale prevalgono sempre le fibre longitudinali.

La formazione reticolare, come abbiamo già veduto (pg. 386), occupa la porzione di bulbo compresa tra le zone grigie posteriori e la zona centrale; per conseguenza nella parte inferiore, ove esiste il condotto mielencefalico (fig. 209, *d*), è situata circa nel terzo medio del mielencefalo; invece nella parte superiore, ove si ha il ventricolo mielencefalico e per ciò la sostanza grigia centrale occupa la parte posteriore della midolla allungata, tale formazione, che è molto estesa, occupa la metà posteriore del bulbo (fig. 210, *e*). La sostanza bianca in corrispondenza della formazione reticolare è suddivisa in molti piccoli fasci, ciascuno dei quali passa per una maglia del reticolo; e poichè questo reticolo assomiglia veramente ad una spugna, ne risulta che i suddetti fasci non hanno un decorso regolare, ma si suddividono e si ricongiungono così da formare essi stessi un intreccio complicatissimo. Ove manca la formazione reticolare, la sostanza bianca è attraversata da sottili setti gliali, contenenti fibre nervose trasversali od oblique, che la dividono in piccoli fasci di fibre; ai lati del piano sagittale mediano questi setti sono abbastanza regolari nel tratto di bulbo che si trova sopra all'incrocciamento delle piramidi, formando nelle sezioni trasverse una sorta di graticola a maglie quadrate (fig. 210); per ciò in questa area la sostanza bianca ha il nome di *formazione reticolare bianca* (cfr. a pg. 387). Alcuni autori stabiliscono limiti netti tra la formazione reticolare bianca e la grigia, ma hanno torto, perchè esse continuano gradatamente l'una nell'altra; si potrà solo as-

serire che la formazione reticolare bianca è situata in vicinanza del piano sagittale mediano.

Le fibre a decorso trasversale sono molto numerose nella parte inferiore del bulbo, cioè in corrispondenza dell'incrocio delle piramidi; ciò dipende dal fatto che in questo tratto del bulbo si trovano molte fibre midollate che passano dalla metà destra del bulbo alla metà sinistra e viceversa. Inoltre lungo

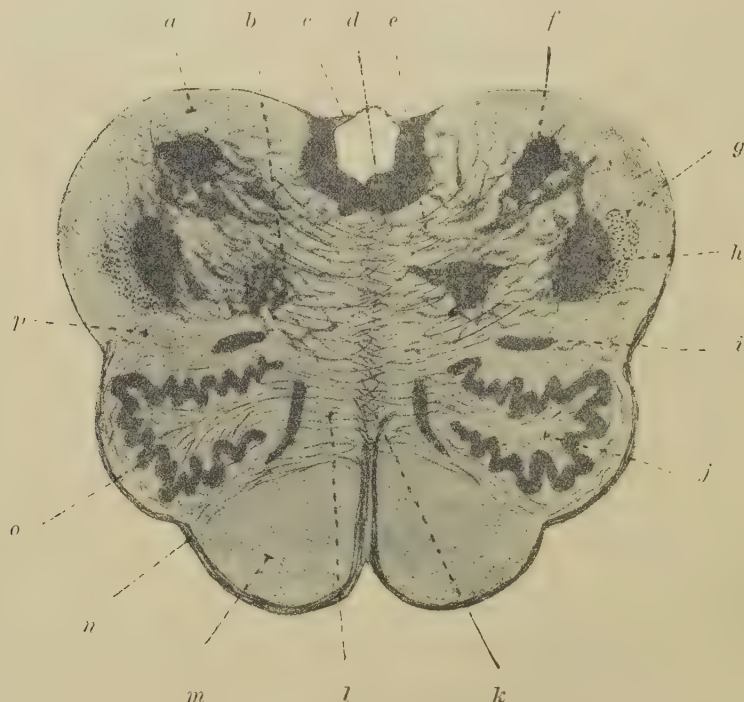


Fig. 216 — La sostanza grigia del bulbo a livello della estremità inferiore del ventricolo mielencefalico (sezione trasversale; ingrand. = 4,25 D.). — *a*, corpo restiforme; *b*, nucleo ambiguo; *c*, obice; *d*, zona grigia centrale; *e*, formazione reticolare grigia; *f*, nucleo del fascicolo cuneato; *g*, radice discendente del trigemino ed *h*, suo nucleo (zona grigia posteriore); *i*, nucleo paraolivare posteriore; *j*, sostanza bianca intraolivare; *k*, rafe; *l*, fibre arciformi interne; *m*, piramide; *n*, fibre arciformi esterne; *o*, nucleo olivare; *p*, continuazione del cordone laterale della midolla.

tutto il mielencefalo s'incontrano altre fibre trasversali che hanno il nome di *fibre arciformi interne* (fig. 216), le quali pure passano dall'una all'altra metà del bulbo con un cammino ricurvo, quasi parallelo alla superficie bulbare; del resto abbiamo osservato fibre arciformi anche nella superficie del bulbo e le abbiamo

distinte col nome di esterne (pg. 377). Per la presenza delle suddette fibre trasversali e di altre che studieremo meglio nel prossimo paragrafo, il piano sagittale mediano del bulbo è tutto quanto attraversato da fibre incrociate e per ciò anche ad occhio nudo appare come una striscia bianca; tale striscia ha il nome di *rafe mielencefalico* (fig. 216, *k*).

Nella estremità inferiore del bulbo la sostanza bianca è divisa in due metà laterali dalla fessura bulbare e dal setto mediano posteriore; la sola commessura bianca le congiunge. In corrispondenza dell'incrociamento piramidale (fig. 215) ed ancora più sopra ad esso (fig. 216) la predetta divisione scompare, perchè in luogo della commessura bianca troviamo l'incrociamento ed il rafe mielencefalico.

La sostanza bianca del mielencefalo ha caratteri grossolani simili a quella della midolla spinale solo in poche regioni, che sono appunto quelle nelle quali prevalgono le fibre longitudinali. Le regioni, nelle quali le fibre sono longitudinalmente dirette e sono stipate, si trovano tutte alla periferia del mielencefalo, subito sotto allo strato grigio corticale. La più importante di esse costituisce le *piramidi* (fig. 216, *m*); nelle sezioni trasverse appare in forma di due cordoni bianchi, situati davanti ai nuclei olivari inferiori (*o*) ed ai nuclei paraolivari anteriori, che sembrano continuare i cordoni anteriori della midolla spinale; in realtà però questo fatto non avviene che parzialmente. Ai lati delle piramidi e subito dietro ai nuclei olivari inferiori quando questi compaiono, si notano due piccole zone di sostanza bianca che si continuano coi cordoni laterali della midolla spinale (fig. 216, *p*). Infine nella faccia posteriore del bulbo, cioè in corrispondenza della clava, del tubercolo cuneato e del corpo restiforme, si osserva pure una zona di sostanza bianca che sembra la diretta continuazione dei cordoni posteriori della midolla spinale, ma che in realtà non si continua affatto con essi (fig. 216, *a*).

Nel bulbo si osservano poi dei fasci di sostanza bianca, con decorso assai regolare, contenuti entro alla sostanza grigia. I più grossi sono i già ricordati *fasci solitari* (cfr. a pg. 385), i quali decorrono entro alla zona grigia centrale. Altri più piccoli sono posti nella parte più laterale di questa zona, ove, come vedremo in seguito, si trovano i nuclei vestibolari, e sono le *radici discendenti dei nervi vestibolari*; queste non costituiscono un fascio compatto, ma molti piccoli fasci vicini l'uno all'altro, cosicchè la

sostanza grigia in corrispondenza di essi ha un aspetto canalicolato. Anche nelle zone grigie posteriori (nuclei delle radici mielencefaliche del trigemino: cfr. a pg. 386) si osservano fibre nervose longitudinali.

2 - Forma interna della tela coroidea mielencefalica

Abbiamo veduto che questa membrana contribuisce a produrre la faccia posteriore del mielencefalo e già conosciamo i caratteri della sua superficie esterna (cfr. a pg. 371); sappiamo pure



Fig. 217 — La tela coroidea mielencefalica isolata e veduta dalla sua faccia interna (in un uomo di 39 anni; ingrand. 2 volte). — *a*, ugola cerebellare; *b*, plesso coroideo laterale; *c*, tenia mielencefalica; *d*, apertura inferiore del ventricolo; *e*, plesso coroideo mediano; *f*, tenia inferiore del recesso laterale; *g*, frangia coroidea; *h*, apertura laterale del ventricolo; *i*, plesso coroideo laterale; *j*, tenia superiore del recesso laterale; *k*, piega paracerebellare del plesso coroideo; *l*, anastomosi tra i plessi coroidei dei due lati.

che la tela è tesa sul ventricolo mielencefalico, del quale costituisce la parete posteriore. Vediamo adesso quali sono i caratteri della sua faccia interna o faccia ventricolare.

Subito al di sopra dell'apertura inferiore del ventricolo (pg. 375)

la faccia interna della tela coroidea (fig. 217) ai lati della linea sagittale mediana si mostra occupata da numerose granulazioni o meglio da *villi coroidei* che costituiscono due serie longitudinali (*e*); queste hanno il nome di *plessi coroidei mielencefalici mediani* (1) e dal contorno dell'apertura suddetta si estendono fino alla base della tela coroidea, cioè là ove essa si continua col verme cerebellare e col velo midollare posteriore (cfr. a pg. 373). I plessi coroidei mediani esaminati in superficie (fig. 217, *e*) hanno forma triangolare con l'apice tronco in corrispondenza dell'apertura inferiore del quarto ventricolo; medialmente sono separati tra loro per mezzo di uno spazio che è largo da 1 a 3 mm. secondo i casi; lateralmente si estendono fino alla rispettiva tenia mielencefalica. Sembrano formati da molti acini, sanguigni nel fresco e bruni nel materiale conservato, che stanno riuniti a grappolini od a corimbi; il diametro degli acini di solito è di circa 0,5 mm.

In corrispondenza della base della tela coroidea i plessi mediani si piegano d'un tratto lateralmente (fig. 217), formando in tal guisa i *plessi coroidei laterali* (*b*). Questi attraversano la base suddetta e si prolungano nei recessi laterali del ventricolo, essendo allora costituiti da villi che provengono dai prolungamenti della tela coroidea tesi su tali recessi (cfr. a pg. 374). I plessi coroidei laterali fino a che decorrono nella base della tela coroidea sono situati nell'angolo diedro compreso tra la tela ed i veli midollari posteriori (cfr. a pg. 374 e la fig. 205); quando si asporta la tela, le rimangono sempre adesi e mai restano attaccati ai veli midollari. Nei recessi laterali i plessi prima sono piccoli (fig. 217, *b*) ma poi, verso l'estremità dei recessi, aumentano di volume e riempiono quasi intieramente le estremità dei recessi medesimi (pg. 375); inoltre in corrispondenza delle aperture laterali del ventricolo, i plessi coroidei laterali sporgono al di fuori di esse ed allora sono liberi nello spazio intracraniale (fig. 218, *l*). Questo tratto terminale dei plessi coroidei laterali, che è più o meno grosso nei vari individui, ha nel suo insieme una forma molto diversa; talvolta è incavato (fig. 218, *l*), talvolta è invece sferoidale; ad ogni modo si lo può sempre paragonare ad una frangia e per ciò lo chiameremo *frangia coroidea*. La frangia si trova lateralmente alla midolla allungata, subito

(1) Sono chiamati anche *plessi coroidei mediani del quarto ventricolo*; riguardo all'aggettivo *coroideo* si confronti la nota a pg. 371.

all'esterno della fossetta laterale del bulbo e dei nervi che da questa traggono origine (fig. 218); al davanti di essa è posto un lobulo del cervelletto che per la sua forma ha il nome di *flocculo* (*m*). Il nervo glossofaringeo (*h*) ed il nervo acustico (*g*) la ricoprono direttamente, ed in un piano più anteriore la coprono il pneumogastrico (*i*) e lo spinale (*j*); per esaminarla occorre quindi sezionare tali nervi in prossimità della loro origine apparente (fig. 218, a destra). La frangia corioidea è situata lateralmente all'apertura laterale del quarto ventricolo (fig. 218, *k*). I plessi corioidei laterali ingrossati alle estremità con le loro frangie corioidee fecero paragonare i recessi laterali a cornucopie (cfr. a pg. 375).

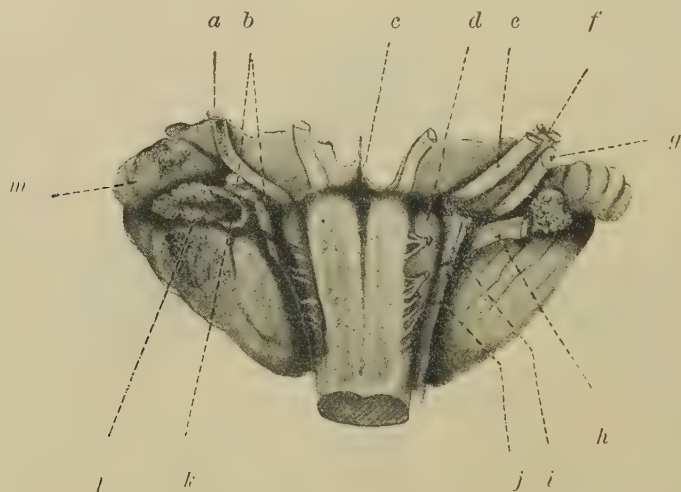


Fig. 218 — Estremità dei recessi laterali del ventricolo mielencefalico (in un giovane di 16 anni; a destra l'estremità è posta allo scoperto con la recisione dei nervi che la coprivano). — *a, e*, nervo facciale; *b*, nervi intermedio, acustico, vestibolare e glosso-faringeo recisi alla loro origine; *c*, foro cieco; *d*, oliva; *f*, nervo intermedio; *g*, nervo acustico e nervo vestibolare; *h*, nervo glosso-faringeo; *i*, nervo vago; *j*, nervo spinale; *k*, apertura laterale del ventricolo; *l*, frangia corioidea; *m*, flocculo.

I plessi corioidei laterali sono riuniti tra loro per mezzo di un sistema di villi (fig. 217, *l*) che passa subito sotto all'ugola cerebellare (*a*) e che ai lati di questa forma due anse con la convessità in avanti. Per ciò, considerati molto grossolanamente, tutti i plessi corioidei mielencefalici nell'insieme formano una specie di T, con l'asta verticale doppia.

3 - Condotto e ventricolo mielencefalico

Condotto mielencefalico ⁽¹⁾ — Esso incomincia al limite inferiore del mielencefalo e termina sotto all'obice, ove si apre nel ventricolo mielencefalico (fig. 190); in media è lungo 1 cm. Considerato rispetto all'asse del mielencefalo, decorre obliquamente dall'avanti all'indietro a misura che sale in alto; infatti alla sua origine è posto circa nel centro del mielencefalo mentre alla terminazione si trova vicino alla faccia mielencefalica posteriore (fig. 211, *g*; fig. 213, *A*, *B*). È sempre pervio solo nel suo terzo superiore; nel terzo inferiore spesso appare oblitterato per un processo simile a quello che determina la chiusura del canale centrale della midolla spinale (cfr. a pg. 186). Quando è pervio, appare così schiacciato in senso laterale, da avere l'aspetto di una stretta fessura sagittalmente diretta; solo in vicinanza dell'estremità superiore la fessura si allarga in una vera cavità. Il diametro principale del condotto nelle sezioni trasverse è lungo mm. 0,10 in corrispondenza dell'incrociamiento delle piramidi, ed aumenta gradatamente fino nell'estremità superiore del condotto, ove è mm. 1.25; adunque nell'insieme il condotto mielencefalico si può paragonare ad un lungo imbuto schiacciato in senso laterale, tanto più schiacciato quanto maggiormente si va verso l'apice, a cui fa seguito un tubo così schiacciato da avere il lume ridotto ad una fessura.

Il condotto mielencefalico è circondato dalla sostanza gelatinosa centrale (cfr. a pg. 384); è rivestito dall'ependima e contiene liquido encefalo-midollare. L'ependima conserva i medesimi caratteri di quello della midolla spinale; continua a formare i *cunei ependimali* (cfr. a pg. 186), dei quali il posteriore seguita a comportarsi come l'omonimo midollare, mentre l'anteriore è interrotto dalle molteplici fibre trasversali che passano davanti al condotto mielencefalico.

(1) Gli Autori lo confondono a torto col canale centrale della midolla spinale; è costante in tutti i cranioti e si trova già nei ciclostomi e nei pesci (Sterzi).

Ventricolo mielencefalico — È posto tra la tela coroidea e la midolla allungata (fig. 190) ⁽¹⁾ ed ha forma di un lungo imbuto, schiacciato dall'avanti all'indietro e situato quasi verticalmente; la base dell'imbuto si continua col ventricolo metencefalico, l'apice col condotto mielencefalico; dalle estremità laterali della base si dipartono i *recessi laterali* che vedemmo circondare i corpi restiformi e terminare nelle fossette mielencefaliche laterali (cfr. pg. 374).

L'asse del ventricolo, lungo 12 mm. nell'adulto, non è perfettamente verticale, ma si presenta un po' obliquo indietro ed in basso; la larghezza ventricolare è di 10 mm. alla base e di 1 mm. all'apice. La base corrisponde all'inserzione della tela ai veli midollari inferiori (pg. 373), l'apice all'inserzione dell'obice alle clave.

Nel ventricolo abbiamo due pareti, una anteriore e l'altra posteriore; poi dobbiamo esaminare gli angoli, la base e l'apice.

Parete anteriore — Questa parete (impropriamente chiamata *pavimento*) ha forma di triangolo isoscele con la base in alto (fig. 207, *g*; fig. 219) ed è di colore in parte grigio ed in parte bianco secondo che sporge su essa la sostanza grigia o la bianca. Viene percorsa lungo la linea sagittale mediana da un solco profondo circa 1 mm. detto *solco mediano* ⁽²⁾ (fig. 219, *b'*), che in alto si continua nella parete omonima del ventricolo metencefalico, in basso coll'angolo diedro anteriore del condotto mielencefalico; in questo ultimo punto è un po' allargato e l'allargamento dicesi assai impropriamente *ventricolo dell'Aranzio*. Nel solco mediano penetrano nel terzo superiore quei filamenti bianchi chiamati *strie acustiche* ⁽³⁾ (pg. 370: fig. 219, *z*) che provengono dai recessi laterali del ventricolo passando sotto ai peduncoli dei flocculi (pg. 375). Le strie

(1) Divaricando la fessura mielo-cerebellare, la tela coroidea si strappa dalle tenie e rimane attaccata al verme cerebellare (cfr. pg. 373); così facendo, il ventricolo mielencefalico viene aperto ed appare allora come una depressione triangolare, che in passato ebbe il nome di *triangolo inferiore della fossa romboidale*; il *triangolo superiore* della fossa era costituito dal ventricolo metencefalico.

(2) Gli antichi lo chiamavano *calamus scriptorius*, avendolo paragonato allo stelo di una penna da scrivere (Erofilo).

(3) Chiamavansi *barbe del calamo* (vedi la nota precedente); sono anche dette *strie del Piccolomini* da Arcangelo Piccolomini di Ferrara, anatomico della seconda metà del 1500.

variano per numero (sono da 1 a 12 per lato) e per lunghezza; raramente mancano del tutto o sono asimmetriche; talvolta alcune durante il loro cammino si dividono in due o tre; ora decorrono

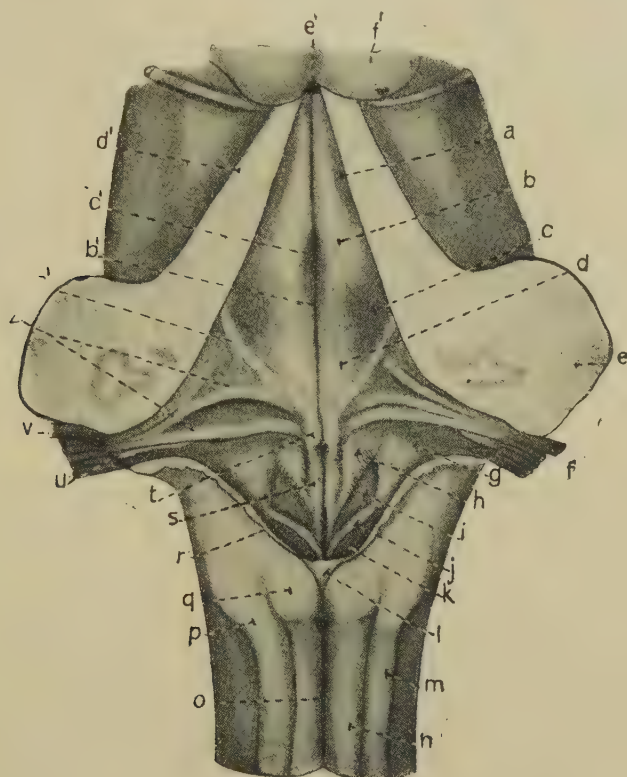


Fig. 219 — Parete anteriore del quarto ventricolo, posta allo scoperto con l'asportazione della tela coroidea e del cervelletto (in un uomo di 21 anni: ingrand. = 2 D.). — *a*, zona cerulea; *b*, funicolo terete (eminenza del nucleo incerto); *c*, fossetta superiore; *d*, eminenza terete; *e*, peduncoli cerebellari superiore, medio ed inferiore sezionati; *f*, nervi glosso-faringeo e vago; *g*, tubercolo acustico ed area acustica; *h*, area piumosa (nucleo intercalato); *i*, ala cinerea; *j*, funicolo separante; *k*, area postrema; *l*, obice; *m*, fascicolo cuneato; *n*, fascicolo gracile; *o*, solco mediano posteriore; *p*, tubercolo cuneato; *q*, clava; *r*, tenia mielencefalica; *s*, eminenza mediale del trigono dell'ipoglosso; *t*, eminenza del funicolo terete; *u*, teniola cinerea; *v*, nervo acustico; *z*, strie acustiche; *a'*, bacchetta armonica; *b'*, solco mediano del ventricolo; *c'*, fossetta mediana; *d'*, sezione longitudinale del peduncolo cerebellare superiore; *e'*, acquedotto del cervello; *f'*, corpi quadrigemelli inferiori.

sempre addossate alla parete, ora per qualche tratto sono isolate; vengono prodotte dalla radice del nervo cocleare e da ciò deriva il loro nome.

Il solco mediano divide la parete anteriore in due metà laterali, una destra e l'altra sinistra (fig. 219-220). In ognuna si osserva inferiormente, a breve distanza dall'apice, un cordone arcuato, con la concavità in alto, che, partendo dal solco vicino all'apice del ventricolo, volge in alto e lateralmente, perdendosi verso i margini laterali del ventricolo; questo cordone chiamasi *funicolo separante* (G. Retzius; fig. 219, *j*; fig. 220, *f*). Il tratto di ogni metà della parete anteriore posto sotto al funicolo separante dicesi *area postrema* (fig. 219, *k*; fig. 220, *d*); il tratto posto sopra al predetto funicolo non è uniforme, ma presenta nel mezzo una depressione triangolare di colore grigio, che ha il nome di *ala cinerea* (fig. 219, *i*; fig. 220, *b*), ed ai lati di quest'area due zone sporgenti di colore bianco dette *ala bianca interna* (fig. 219, *s + h*; fig. 220, *a*) ed *ala bianca esterna* (fig. 219, *g*; fig. 220, *c*). Quindi ogni metà della parete anteriore del ventricolo è suddivisa in quattro zone, cioè nelle tre ali e nell'area postrema; esaminiamole separatamente, cominciando dalle ali.

L'*ala bianca interna* ha la forma di un lungo triangolo rettangolo con l'apice in basso, di cui un cateto è costituito dal solco mediano e l'altro cateto dalle strie acustiche inferiori (fig. 219, *s + h*; fig. 220, *a*); in essa è contenuto insieme ad altri il nucleo del nervo ipoglosso e per ciò la si chiama anche *trigono dell'ipoglosso*. Una linea di molte piccole pieghe trasversali od oblique, detta *striscia pennata* (fig. 220, *e*), che va dall'apice dell'ala fino alle strie acustiche, quasi parallela al solco mediano, suddivide l'ala interna in due parti: una mediale, stretta e lunga, ha il nome di *area mediale dell'ala bianca interna* (fig. 219, *s*; fig. 220, *a' + a''*) e mostra una rilevatezza mediana o *eminenza mediale del trigono dell'ipoglosso* ⁽¹⁾ (G. Retzius) (fig. 219, *s*; fig. 220, *a'*) ed una rilevatezza superiore quando penetra sotto alle strie acustiche, detta *eminenza del funicolo terete* ⁽²⁾ (fig. 219, *t*; fig. 220, *d*). L'altra parte dell'ala è l'*area piumosa* (G. Retzius) (fig. 219, *h*; fig. 220, *a'''*); essa ha forma triangolare ed anche nel suo margine laterale presenta piccole pieghe, simili a quelle della striscia pennata. All'eminenza mediale del trigono corrisponde più precisamente il

(1) Sinonimia: *Eminenza dell'ipoglosso* (Streeter).

(2) *Terete* è voce della lingua scientifica italiana (Petrocchi, Dizionario della lingua italiana) e deriva dal latino *teres*, aggettivo che indica cosa arrotondata, allungata e liscia (di pali, bastoni, ecc.).

nucleo dell'ipoglosso; all'eminenza del funicolo terete corrisponde il *nucleo del funicolo terete*; all'area piumosa corrisponde infine il *nucleo intercalato*.

L'*ala cinerea* (fig. 219, *i*; fig. 220, *b*) ha forma di triangolo ottusangolo con l'apice in basso; spesso è asimmetrica; talvolta l'angolo ottuso è tanto arrotondato e pure ricurvi sono i lati, da darle la forma una foglia lanceolata appesa col picciuolo al

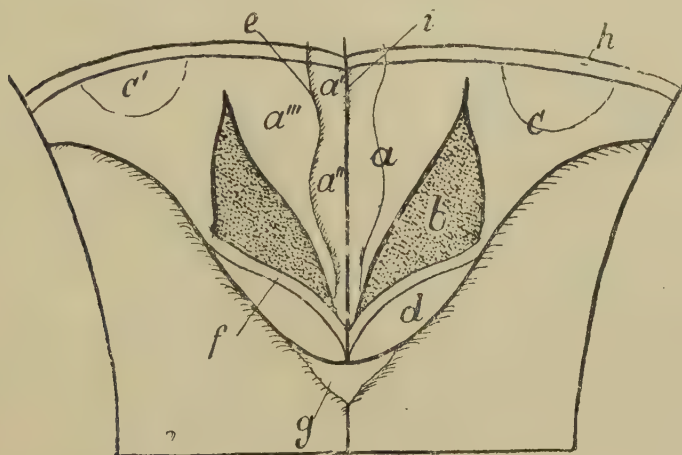


Fig. 220 — Particolari della parete anteriore del ventricolo mielencefalico (da confrontare con la fig. 219). — *a*, ala bianca interna con le sue suddivisioni (*a'*, eminenza del funicolo terete; *a''*, eminenza mediale del trigono dell'ipoglosso; *a'''*, area piumosa; *e*, striscia pennata); *b*, ala cinerea; *c*, ala bianca esterna col tubercolo acustico *c'*; *d*, area postrema col funicolo separante *f*; *g*, obice; *h*, stria acustica (limite tra il ventricolo mielencefalico ed il metencefalico); *i*, solco mediano.

solco mediano. Ha colore grigio e corrisponde al *nucleo sensitivo dei nervi vago e glosso-faringeo*, cosicchè la depressione da essa prodotta ha anche il nome di *fossa del vago* ⁽¹⁾ (Streeter).

L'*ala bianca esterna* (fig. 219, *g*; fig. 220, *c*) ha forma di triangolo isoscele con la base in alto e sta tra l'ala cinerea ed il margine laterale del ventricolo; la base arriva alle strie acustiche, l'apice corrisponde all'estremità laterale del funicolo separante (fig. 220). In prossimità della base è più rilevata che nel resto e la rilevatezza chiamasi *tubercolo acustico* (fig. 219, *g*; fig. 220, *c'*). L'ala bianca esterna è anche detta *area acustica* per-

(1) Sinonimia: *Fossetta inferiore del pavimento ventricolare*.

chè in corrispondenza di essa si trovano nuclei del nervo vestibolare, nervo che, come meglio vedremo in seguito, insieme al cocleare forma il nervo acustico.

L'*area postrema* (fig. 219, *k*; fig. 220, *d*) è lanceolata, più piccola delle precedenti, con l'asse principale diretto obliquamente; un lato è superiore ed in rapporto col funicolo separante, l'altro è inferiore e volto verso l'angolo laterale del ventricolo; l'estremità mediale si spinge fino al solco ventricolare mediano, la laterale si confonde insieme al funicolo separante con l'ala bianca esterna. Ha colore grigio ed ora è depressa, ora no; per il colore venne confusa con l'ala cinerea.

Parete posteriore (1) — È formata lateralmente dalle tenie mielencefaliche che si attaccano ai corpi restiformi, e medialmente dalla tela coroidea; in basso le tenie convergono producendo l'obice (fig. 221). Tutte queste parti ci sono già note nella loro morfologia (cfr. pg. 372 e 396). Nella tela ricordiamo l'apertura inferiore ed i plessi coroidei (pg. 397).

Angoli — Sono diedri e prodotti dall'inserzione delle tenie ai corpi restiformi (fig. 221, *c*); stretti e regolari, vengono compresi tra ciascuna tenia e l'area postrema in basso e tra ogni tenia e la corrispondente ala bianca esterna in alto (fig. 219-220). In avanti danno origine ai due diverticoli che abbiamo più volte menzionato col nome di *recessi laterali del ventricolo mielencefalico* (cfr. a pg. 374 ed a pg. 397). Questi recessi, leggermente schiacciati dell'avanti all'indietro, circondano i corpi restiformi nel momento che essi si piegano per penetrare nel cervelletto; come il ventricolo presentano due pareti, una anteriore e l'altra posteriore. La parete anteriore (che diventa poi mediale, quando i recessi si sono spinti sulla faccia laterale dei corpi restiformi) è formata dai corpi restiformi; è quindi una parete solida e si continua con quella del ventricolo (fig. 207). Su essa decorrono le *strie acustiche*, isolate verso il ventricolo e riunite in un fascio verso l'estremità dei recessi. Sopra alle strie sporge da tale parete un grosso cordone di sostanza bianca (*a*) che medialmente si continua col velo midollare posteriore del metencefalo (*i*) e lateralmente termina nel flocculo del cervelletto (*c*); tale cordone, che descriveremo col metencefalo perchè a questo segmento encefalico appartiene, è il *peduncolo del flocculo*. La parete posteriore di ogni

(1) Impropriamente è chiamata *volta del ventricolo*.

recesso è costituita, come già sappiamo, dal prolungamento laterale della tela corioidea mielencefalica (fig. 217); questo prolungamento è lungo quanto il recesso ed è stretto. Si inserisce alla parete anteriore per mezzo di quelle tenie, che abbiamo già studiato coi nomi di *tenia superiore* e di *tenia inferiore* (1) *del recesso laterale* (cfr. pg. 375).

Ricordiamo che i recessi terminano con un orifizio semilunare che si chiama *apertura laterale del ventricolo mielencefalico* (fig. 218); esso è costante (solo in 5 volte su 200 casi fu trovato mancare dal Retzius) e per osservarlo occorre sollevare le radici del vago e del glosso-faringeo; allora lo si vede come una fessura semilunare posta medialmente alla frangia corioidea (cfr. a pg. 397), coperta da trabecole intraracnoidali e da vasi sanguiferi della pia madre.

Base — Si continua senza limite netto, secondo abbiamo già esposto, con la cavità del ventricolo metencefalico.

Apice — È ristretto per continuarsi col condotto mielencefalico. Sopra a tale apice è l'obice e sopra a questo la tela corioidea presenta quella piccola estroflessione che abbiamo indicato come *recesso inferiore del ventricolo mielencefalico* (cfr. a pg. 374).

C - Anomalie e varietà

Sono rare e sempre accompagnate da profonde anomalie del rimanente sistema nervoso centrale. La più manifesta è la mancanza delle piramidi che accompagna l'anencefalia e l'amielia; è facile intenderne la ragione tenendo presente che le piramidi sono costituite dalle fibre cortico-midollari e che nell'anencefalia non si sviluppano le cellule piramidali, che a quelle fibre dovrebbero dare origine.

In un caso ho osservato la mancanza completa della oliva destra; si trattava di un neonato nel quale non si erano osservati fenomeni di alterata funzionalità. Disgraziatamente non fu possibile fare uno studio completo e sistematico di tutto il sistema nervoso centrale.

Un'altra anomalia della midolla allungata si riferisce al comportamento delle fibre del ponte; queste possono essere meno

(1) *Ponticulus* dello Henle.

sviluppate dell'ordinario e per ciò la midolla allungata può sembrare più lunga, spingendo più in alto del normale il suo limite superiore; si osserva questa varietà nei casi di anencefalia ed è dovuta al fatto che non si sono sviluppate o si sono sviluppate in piccola copia le fibre che attraverso al ponte congiungono la corteccia cerebrale alla cerebellare.

Vicino al solco bulbo-pontino si può osservare un fascio trasversale, costituito da fibre aberranti del ponte; come un nastro isolato esso attraversa le piramidi e le olive e le sue estremità penetrano nel ponte. Può essere unilaterale o bilaterale.

Le fibre arciformi esterne talvolta sono tanto numerose da ricoprire completamente le olive; altre volte sono invece scarsissime e possono anche mancare del tutto.

Le strie acustiche possono essere più o meno numerose e già vedemmo le loro diversità (cfr. a pg. 401).

Piccole differenze si possono notare pure nella parete anteriore del ventricolo mielencefalico; infatti le sporgenze e le depressioni descritte come normali ora sono poco accentuate ed ora lo sono in modo abnorme.

§ 3

Struttura

La struttura del mielencefalo è argomento oltremodo complicato, intorno a cui le indagini recenti, sopra tutto le anatomo-comparative, hanno condotto a concezioni molto diverse da quelle che si avevano anche solo pochi anni or sono.

Seguendo l'ordine adoperato nello studiare la struttura della midolla spinale, divideremo questo paragrafo nelle seguenti quattro parti:

- I. Struttura della sostanza grigia
- II. Struttura della sostanza bianca
- III. Struttura della midolla allungata considerata nell'insieme
- IV. Struttura della tela coroidea mielencefalica.

I - Struttura della sostanza grigia

Siccome la sostanza grigia è distinta in due porzioni, cioè nello strato grigio corticale e nella sostanza grigia interna (cfr. a pg. 376), esamineremo prima la struttura dell'una, poi quella dell'altra.

A - Struttura dello strato grigio corticale

Lo strato in questione è costituito in prevalenza da tessuto gliale che ha i medesimi caratteri istologici di quello della midolla spinale; esso pure presenta una *membrana limitante esterna* e dopo il 30° anno facilmente contiene *corpuscoli amilacei*. Differisce da quello della midolla spinale perchè viene attraversato da nu-



Fig. 221 — Sezione trasversale del mielencefalo alla metà del ventricolo; a destra sono rappresentati solo i nuclei. — *a*, plesso corioideo mediano; *b*, tenia mielencefalica; *c*, angolo del ventricolo *V*; *d*, nucleo ambiguo; *e*, nucleo del fascio laterale; *f*, nucleo reticolare; *g*, nuclei del rafe; *h*, nucleo arcuato; *ac*, nucleo del nervo acustico (vestibolare); *v*, nucleo del vago motore somatico.

merose *fibre arciformi esterne* (fig. 216, *n*), fibre midollate che provengono dai nuclei del funicolo gracile e cuneato dello stesso lato, attraversano il rafe contribuendo a costituirlo, poi si ripiegano in basso verso la fessura mielencefalica ed allora diventano superficiali, decorrendo nello strato corticale della metà opposta a quella che contiene i nuclei suddetti; il loro studio verrà fatto con quello di tali nuclei.

Nella faccia anteriore del mielencefalo lo strato corticale contiene i *nuclei arcuati* (fig. 210, *l*; fig. 221, *h*) ed i *nuclei pre-*

pontini (cfr. a pg. 378-379). Tali nuclei sono costituiti da cellule nervose del diametro medio di 25 μ , multipolari, di varia forma e grandezza, per lo più riunite a piccoli gruppi; le cellule più grosse occupano la parte centrale dei nuclei (Mingazzini). Secondo recenti indagini queste cellule sarebbero in connessione con le fibre arciformi esterne anteriori (Kölliker, Mingazzini, Volpi-Ghirardini); alcune di tali fibre, invece di attraversare direttamente i nuclei suddetti come fanno le altre fibre arciformi esterne anteriori, si interrompono nei nuclei arciformi, terminando con arborizzazioni attorno alle loro cellule; i neuriti di queste cellule si uniscono poi alle fibre non interrotte e vanno con queste ai corpi restiformi nel modo che vedremo studiando le fibre arciformi esterne. Però intorno all'origine ed al decorso delle predette fibre si hanno ancora dei dubbi.

Le fibre nell'attraversare i nuclei arcuati si dispongono in due zone, una anteriore e l'altra posteriore; la prima è costituita da fibre più grosse, la seconda da fibre più esili; queste si mielinizzano per prime. Le fibre anteriori sono certamente in connessione con le cellule dei nuclei arcuati (Mingazzini, Volpi-Ghirardini); le posteriori invece forse si interrompono nei nuclei predetti e forse contengono anche fibre provenienti dal fascio midollo-cerebellare posteriore (Mingazzini).

I nuclei arcuati ed i nuclei prepontini sono da riguardare come omologhi a nuclei che descriveremo nel ponte del Varolio col nome di *nuclei propri del ponte* e le fibre arciformi esterne che da quei nuclei originano sono perciò omologhe alle fibre pontine che formano i peduncoli cerebellari medi (Zingerle).

B - Sostanza grigia interna

Ne studieremo dapprima la struttura generale e, seguendo l'ordine adottato nello studio della conformazione interna del bulbo (cfr. a pg. 379), faremo seguire ad essa lo studio della sostanza grigia interna comune al bulbo ed alla midolla spinale e poi quello della sostanza grigia interna propria al bulbo.

I - Struttura generale

Tessuto nervoso — È costituito da elementi simili a quelli della sostanza grigia interna della midolla spinale, cioè da *cellule radicolari*, da *cellule funicolari* e da *cellule proprie*.

Cellule radicolari — Formano vari nuclei e danno origine ai nervi motori del bulbo. Si distinguono in *somatiche* ed in *viscerali* come nella midolla spinale.

Le cellule radicolari somatiche si trovano nelle zone grigie anteriori (fig. 209, *e*), nei nuclei motori della formazione reticolare (fig. 221, *d*) e nella sostanza centrale subito ai lati del solco mediano del ventricolo mielencefalico (fig. 222, *a*); da esse origi-



Fig. 222 — Nuclei di cellule radicolari (*a* destra) e di cellule sensitive (*a* sinistra) in una sezione trasversale fatta circa alla metà del ventricolo mielencefalico. — *a*, nucleo dell'ipoglosso; *b*, suo nucleo accessorio; *c*, nucleo dorsale motore del vago; *d*, nucleo ambiguo; *e*, nucleo del fascicolo cuneato; *f*, nucleo olivare; *g*, piramide; *h*, nucleo arcuato; *i*, nucleo della radice discendente del trigemino; *j*, nucleo sensitivo del vago e del glosso-faringeo; *k*, nucleo del nervo vestibolare; *l*, nucleo intercalato; *m*, nucleo del funicololo terete; *n*, nervo ipoglosso.

nano neuriti che formano i nervi motori somatici del mielencefalo e per ciò i gruppi di cellule radicolari somatiche suddette si chiamano *nucleo del nervo spinale* (fig. 223, *a*), *nucleo del nervo vago motore somatico* (*c*) e *nucleo del nervo ipoglosso* (*b*).

Le cellule radicolari viscerali costituiscono un solo gruppo, situato nella zona grigia centrale, nella parete anteriore del ventricolo mielencefalico ai lati del gruppo cellulare somatico (fig. 223, *h*); esso è il nucleo del vago motore viscerale ed ha il nome

di *nucleo dorsale motore del vago* (fig. 222, c); anche dalle sue cellule originano neuriti che escono dal mielencefalo, ma mentre quelli delle cellule somatiche vanno a distribuirsi alla muscolatura striata, queste ultime vanno invece al sistema simpatico

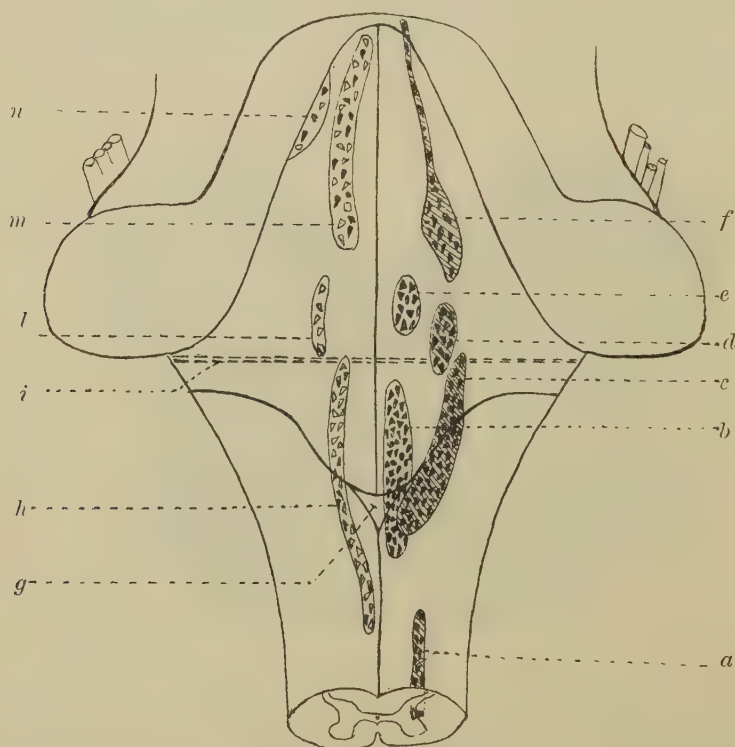


Fig. 223 — Nuclei motori del mielencefalo e del metencefalo, veduti dalla faccia posteriore del tronco encefalico (Schema). A destra si trovano i nuclei somatici, a sinistra i viscerali e quelli di dubbio significato; i nuclei tratteggiati sono più profondi degli altri. — *a*, nucleo dello spinale; *b*, nucleo dell'ipoglosso; *c*, nucleo ambiguo; *g*, obicè; *h*, nucleo dorsale motore del vago; *i*, limite tra mielencefalo e metencefalo. I nuclei *d*, *e*, *f*, *l*, *m*, *n*, situati sopra a questa linea appartengono al metencefalo.

(cfr. a pg. 125). Le cellule radicolari viscerali sono più piccole delle somatiche, e ciò si osserva confrontando tra loro quelle che danno origine alle due porzioni del vago motore.

Se consideriamo il modo di continuarsi delle zone grigie della midolla allungata con la sostanza grigia interna della midolla spinale (cfr. a pg. 380) e se teniamo conto dello sposta-

mento delle zone grigie per la formazione del ventricolo mielencefalico (cfr. a pg. 384), dobbiamo concludere che le cellule radicolari somatiche e viscerali conservano la posizione che hanno nella midolla spinale (cfr. a pg. 221).

Cellule funicolari — Hanno i medesimi caratteri di quelle spinali e sono sparse in tutta la sostanza grigia del bulbo, essendo in alcuni punti più accumulate che nel resto. Sono più frequenti nella zona grigia centrale. Il neurite si divide sempre a T in un ramo ascendente ed in un ramo discendente ed i rami possono terminare nel mielencefalo (*vie corte*) o si possono spingere nei segmenti vicini del sistema nervoso (ponte, cervelletto e peduncoli cerebrali per i rami ascendenti, midolla spinale per i rami discendenti), essendo così vere *vie lunghe*. Se i rami del neurite terminano nella metà della midolla allungata nella quale si trova la cellula funicolare che li ha prodotti, si hanno le *cellule funicolari propriamente dette*; se invece, passando per il rafe, vanno nella metà opposta del mielencefalo, appartengono alla categoria delle *cellule commessurali* (cfr. a pag. 120). I rami del neurite danno origine a scarse *collaterali* che si comportano come nella midolla spinale.

Tra le cellule funicolari meritano speciale menzione quelle che raccolgono stimoli trasportati da fibre sensitive provenienti dalla periferia e che trasmettono questi stimoli a segmenti superiori dell'encefalo; potremo indicarle col nome di *cellule sensitive*. Differiscono dalle ordinarie cellule funicolari, oltre che per il predetto rapporto, anche perchè i loro neuriti di regola non si dividono a T, ma salgono tutti in alto. Nella midolla spinale sono rappresentate da quelle del corno posteriore e da quelle delle colonne del Clarke, poichè anch'esse ricevono stimoli sensitivi e li trasmettono all'encefalo; nel mielencefalo queste cellule sono però molto più numerose ed oltre al ricevere stimoli sensitivi trasportati dai nervi mielencefalici, ne ricevono anche dalla midolla spinale. Le cellule in questione sono in generale multipolari, con diametro medio che varia da 15 a 40 μ . e con dendriti lunghi e grossi che danno origine a numerose diramazioni (fig. 224). I neuriti presentano decorso ordinariamente tortuoso, s'incrociano sulla linea mediana, contribuiscono a costituire la sostanza bianca ed ascendono verso il cervello, formando fasci sensitivi ascendenti. Talvolta da tali neuriti già entro alla sostanza grigia originano collaterali (fig. 224). Il loro significato

è dunque quello di raccogliere le impressioni recate al mielencefalo dai nervi di senso e di trasmetterle al cervello. Se per un momento ricordiamo come si comportano le radici posteriori dei nervi spinali (fig. 225), vediamo che queste radici (*a*), originate dai gangli intervertebrali, penetrano nella midolla spinale e si dividono a T in un ramo ascendente ed in uno discendente. I rami ascendenti lunghi (cfr. a pg. 240 e 259) costituiscono le

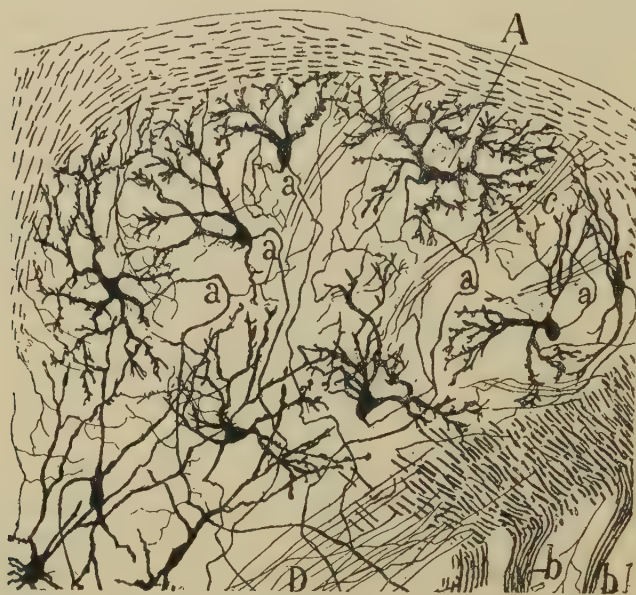


Fig. 224 — Nucleo del fascicolo cuneato di gatto neonato (sec. il Cajal; metodo del Golgi). — *A*, nucleo; *a*, neuriti delle sue cellule; *b*, *b*, fibre del fascicolo cuneato.

vie sensitive di 1° ordine (fascio gracile e fascio cuneato), le quali nel mielencefalo terminano in corrispondenza delle espansioni dendritiche di cellule funicolari sensitive (fig. 225, *b*), i cui neuriti vanno poi a costituire fasci sensitivi che salgono verso il cervello (via sensitiva di II ordine). Ma nel mielencefalo oltre alla via sensitiva di 1° ordine penetrano molte altre fibre sensitive, che sono omologhe alle radici posteriori dei nervi spinali (fig. 225, *c*); esse costituiscono le radici dei nervi sensitivi del mielencefalo e, come le spinali, originano da gangli situati sul decorso di questi nervi. Le loro fibre sensitive penetrando

nel mielencefalo si dividono o non si dividono a T in un ramo ascendente ed in un ramo discendente, ma ad ogni modo terminano in corrispondenza di cellule sensitive (nuclei terminali dei nervi sensitivi mielencefalici), dalle quali traggono origine neuriti che vanno verso il cervello (fig. 225, *d*). La differenza tra nervi sensitivi spinali e nervi sensitivi mielencefalici sta dunque essenzialmente in questo, che le cellule alle quali terminano i primi si trovano in gran parte al di fuori della midolla spinale, cioè sono poste nel mielencefalo, mentre quelle dei nervi mielencefalici si trovano nello stesso mielencefalo (fig. 225). Il mielencefalo è quindi ricco di cellule sensitive, elementi che per le ragioni ora esposte scarseggiano nella midolla spinale ove costituiscono i *nuclei terminali midollari* (cfr. a pg. 258).

Nella midolla spinale abbiamo poi fatto notare che nella sostanza grigia delle colonne posteriori non si può delimitare il territorio di terminazione delle fibre provenienti dalle pareti del corpo (fibre della sensibilità somatica) da quello delle fibre derivanti dal simpatico e quindi dai visceri (fibre della sensibilità viscerale; cfr. a pg. 221). Invece nel mielencefalo le cellule sensitive si possono nettamente dividere in *cellule sensitive somatiche* ed in *cellule sensitive viscerali*. Le prime (fig. 222, *i*) si trovano nelle zone grigie posteriori (nucleo della radice discendente del trigemino) e nelle parti più laterali della zona grigia centrale (nucleo del nervo vestibolare; *k*); le seconde si trovano solo nella zona grigia centrale, in corrispondenza dell'ala cinerea, ove costituiscono i nuclei del nervo vago sensitivo e del nervo glosso-faringeo (fig. 222, *j*).

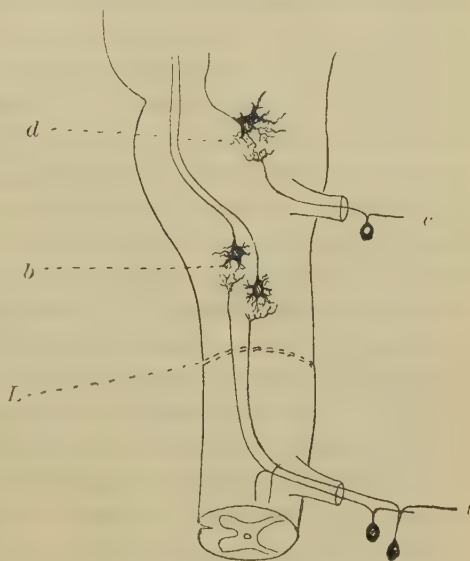


Fig. 225 — Terminazione delle vie sensitive di I ordine nella midolla e nel bulbo (Schema). — *a*, radici posteriori dei nervi spinali e *b* loro terminazione in nuclei sensitivi del bulbo; *c*, radici sensitive dei nervi bulbari e *d*, loro terminazione in nuclei sensitivi bulbari; *L*, limite tra la midolla spinale ed il bulbo.

Tessuto gliale — Il tessuto gliale della sostanza grigia interna si comporta fundamentalmente come quello della midolla spinale; sono cellule per lo più breviraggiate disperse in gran numero tra le cellule nervose, che mescolano i loro prolungamenti in un fittissimo intreccio a tre dimensioni. Lungo tutta la midolla allungata sono poi sempre bene manifeste le cellule ependimali; nel condotto mielencefalico esse costituiscono due cunei, uno anteriore e l'altro posteriore come nella midolla spinale; nel ventricolo si conserva il solo cuneo anteriore, che corrisponde al fondo del solco mediano della parete ventricolare anteriore. Nelle pareti del ventricolo come nelle pareti del condotto mielencefalico le cellule ependimali inviano un prolungamento periferico che termina dopo breve decorso ramificandosi nella circostante sostanza grigia. Nell'obice e nelle tenie il prolungamento di tali cellule si spinge fino alla superficie libera delle predette formazioni, producendo la membrana limitante esterna (la quale nel resto della midolla allungata è costituita dalla nevroglia marginale); avvicinandosi alla tela coroidea i prolungamenti ependimali diventano sempre più corti e più grossi e da ultimo scompaiono del tutto, perchè i corpi delle cellule ependimali vanno dall'una all'altra superficie; in questo punto le tenie cessano e comincia la tela coroidea.

2 - Struttura della sostanza grigia interna comune al bulbo ed alla midolla spinale

Abbiamo veduto che questa sostanza si suddivide in quattro specie di zone e cioè nella zona grigia centrale, nelle zone grigie anteriori, nelle posteriori e nella formazione reticolare.

a) Zona grigia centrale — La zona grigia centrale, come già sappiamo, circonda il condotto mielencefalico e poi, quando questo è sostituito dal ventricolo omonimo, si espande sulla parete ventricolare anteriore. La parte di essa che si trova ad immediato contatto con l'ependima è la *sostanza gelatinosa centrale* che si continua con la omonima spinale; è più sviluppata ai lati che agli angoli del condotto e forma uno strato molto sottile sulla parete ventricolare; solo in corrispondenza del solco mediano di questa costituisce un accumulo abbastanza notevole. Per la struttura e per il significato assomiglia a quella spinale;

nella parte più bassa del mielencefalo contiene scarse fibre trasversali, che rappresentano la *commessura intracentrale bianca anteriore* della midolla spinale (cfr. a pg. 170); talvolta poi decorrono in essa fini fibre longitudinali, di significato molto oscuro, che sembrano almeno in parte fibre della predetta commessura divenute longitudinali e che formano i *fascicoli della sostanza gelatinosa centrale* (Marburg, 1906). Anche posteriormente al condotto mielencefalico e fino in prossimità dell'obice si trovano fibre amieliniche trasversali, ma più scarse delle precedenti; esse rappresentano la *commessura intracentrale bianca posteriore della midolla spinale*, con la quale si continuano; e pure tra esse si notano fibre longitudinali, che ai lati del condotto mielencefalico formano spesso due fascicoli di dubbio significato, decorrenti nella base del setto mediano posteriore, là ove esso si continua con la sostanza grigia centrale. Si deve però notare che mentre le fibre della commessura intracentrale anteriore passano nella sostanza gelatinosa, le posteriori decorrono invece posteriormente a questa sostanza, in uno strato grigio che corrisponde alla commessura grigia posteriore della midolla spinale e che nel bulbo diventa più grosso e si spinge fino all'obice, ove scompare.

Nella parete del ventricolo la sostanza gelatinosa contiene scarse fibre longitudinali e trasversali e presso al limite superiore di tale parete, là ove essa si continua con la parete anteriore del ventricolo metencefalico, contiene le strie acustiche (cfr. a pg. 404). In questa sostanza si osservano sparse molte piccole cellule nervose, intorno al cui significato non posso dare alcuna notizia; ai lati del solco mediano del ventricolo, cioè nei solchi che limitano i funicoli tereti, le predette cellule sono spesso così addensate da costituire due veri nuclei allungati, che si potrebbero chiamare *nuclei subependimali*.

All'esterno della sostanza gelatinosa si trova il resto della zona grigia centrale contenente molte cellule nervose. Una sezione frontale che passi per il condotto mielencefalico le divide in anteriori ed in posteriori (fig. 213, *A*); nel ventricolo mielencefalico, ove la zona grigia ha la suddetta disposizione in un piano, le cellule anteriori sono mediali alle posteriori (fig. 213, *B*, *C*).

Le cellule anteriori appartengono alla categoria delle radiolari, delle funicolari e delle cellule proprie; per conseguenza la sostanza grigia situata al davanti del condotto mielencefalico ed ai lati del solco mediano del ventricolo mielencefalico contiene

gli stessi elementi delle colonne anteriori della midolla spinale (cfr. a pg. 206). Le cellule radicolari sono distinte in somatiche ed in viscerali (fig. 223).

Cellule radicolari somatiche — Non si trovano in tutta la zona grigia centrale, ma cominciano a comparire circa 5 mm. prima dell'obice e si estendono per 7 mm. sopra ad esso, costituendo nel loro insieme un nucleo detto *nucleo dell'ipoglosso* perchè i loro neuriti, uscendo dal mielencefalo, producono tale nervo (fig. 223, *b*). Questa colonna di cellule radicolari somatiche si può quindi dividere in un segmento extraventricolare ed in segmento ventricolare (fig. 223); il primo è situato nella sostanza grigia centrale al davanti ed ai lati del condotto mielencefalico (fig. 215, *g*); il secondo si trova invece subito ai lati del solco ventricolare mediano (fig. 222, *a*). Le cellule che la formano, ripartite in modo ineguale e più dense ai lati di ogni nucleo, hanno i caratteri delle cellule omonime della midolla; sono perciò piramidali o cubiche con molti grossi dendriti (L. Vincenzi), i quali per lo più si espandono nel nucleo, senza spingersi all'esterno di esso (Cajal). Però alcuni dendriti del lato mediale di ogni nucleo attraversano la linea mediana, incrociandosi con le fibre del cuneo endimale anteriore, e vanno a terminare nel nucleo del lato opposto (Van Gehuchten); esse rappresentano la commissura intracentrale bianca anteriore della midolla spinale. Fra le cellule del nucleo dell'ipoglosso si osservano spesso delle masserelle grigie, le quali si fanno notare per essere costituite da una sostanza di aspetto granuloso, per non contenere nuclei di cellule nervose o gliali e per essere molto povere di fibre (Obersteiner); attorno a tali masse il reticolo fibrillare che s'interpone tra tutti gli elementi del nucleo dell'ipoglosso è più inspessito. Non è ancora noto il significato di queste masse.

Le cellule del nucleo dell'ipoglosso costituiscono dei gruppi, però non bene distinti l'uno dall'altro; questi gruppi non sono così costanti come ad es. quelli delle colonne anteriori della midolla spinale e, secondo quanto ho potuto osservare, variano da individuo ad individuo ed in uno stesso individuo nei nuclei dei due lati; ciò darebbe la spiegazione delle grandi sconcordanze tra i diversi Autori che si sono occupati della distribuzione delle cellule predette (Parhon, Hudovernig, Jacobsohn, ecc).

Anteriormente ai nuclei dell'ipoglosso si notano due gruppi di cellule nervose, che subito si distinguono da quei nuclei

per la loro piccolezza; sono i *nuclei del Roller* impropriamente detti *nuclei accessori dell'ipoglosso*; fig. 222, *b*). Il loro significato è ancora dubbio, ma è certo che non danno origine a fibre motrici dell'ipoglosso (1); però non sappiamo ancora a quale categoria ascrivere le cellule che li formano. Sono generalmente piccole (10-20 μ), di forma ellissoidale; il loro neurite emette collaterali e non va con le fibre radicolari dell'ipoglosso; questo fatto, messo insieme alle indagini sperimentali che dimostrano come la resezione di questo nervo non determina degenerazione retrograda in tali cellule, dimostra che il nucleo del Roller non appartiene all'ipoglosso.

I nuclei dell'ipoglosso con la loro estremità superiore formano sulla parete anteriore del ventricolo quelle sporgenze che abbiamo chiamato *eminenze mediali del trigono dell'ipoglosso* (cfr. a pg. 402).

Cellule radicolari viscerali — Queste cellule nella zona grigia centrale occupano un'area un po' più ristretta di quelle somatiche; infatti costituiscono il *nucleo dorsale motore del vago* (2) (cfr. a pg. 410 e fig. 222, *c*; fig. 223, *h*), che si trova vicino al nucleo dell'ipoglosso e che si estende dal limite inferiore del mielencefalo all'estremità superiore dell'oliva mielencefalica, essendo largo circa la metà del nucleo dell'ipoglosso (fig. 223, *h*). In corrispondenza del condotto mielencefalico le cellule suddette gli sono poste ai lati, dietro al nucleo dell'ipoglosso (fig. 215, *h*); invece nel pavimento ventricolare sono situate ai lati di tale nucleo (fig. 222, *c*); perciò anche nel nucleo dorsale motore del vago come in quello dell'ipoglosso si deve distinguere una porzione ventricolare da una porzione extraventricolare (fig. 223). I corpi cellulari, con diametro medio di 20-25 μ , sono più fitti nel centro del nucleo che alla periferia; i dendriti si dirigono perifericamente; il neurite ha decorso tortuoso ed esce dalla midolla allungata per costituire le fibre motrici viscerali del vago (3).

(1) Gli Autori che li ritengono nuclei dell'ipoglosso, li chiamano *nuclei parvicellulari dell'ipoglosso* e danno il nome di *nuclei magnicellulari* ai precedenti.

(2) Sinonimia: *Nucleo dorsale mediale* dell'Obersteiner, *nucleo dorsale del vago*, *nucleo dell'ala cinerea*, *nucleo simpatico del vago* e *del glosso-faringeo*, *nucleo parvicellulare del vago* e *del glosso-faringeo*.

(3) Le indagini sperimentali nel coniglio e nel cane hanno fatto pensare che, oltre alle predette cellule radicolari viscerali, nella zona grigia cen-

Oltre a queste cellule se ne trovano altre, più piccole, fusiformi e longitudinalmente dirette, le quali si fanno subito notare per la loro intensa pigmentazione (nelle precedenti il pigmento manca quasi del tutto); lo Jacobsohn asserisce che esse costituiscono un gruppo ben delimitato dal resto del nucleo dorsale del vago e lo chiama *nucleo pigmentoso del vago*, ma io non ho mai potuto constatare un siffatto aggruppamento distinto. Il significato di queste cellule ci è sconosciuto.

Le cellule del nucleo dorsale motore del vago formano due gruppi, uno anteriore e l'altro posteriore, tra i quali sono interposte molte cellule sparse (Jacobsohn, Dean); il gruppo anteriore ha le cellule più piccole del posteriore (Jacobsohn). Quest'ultimo gruppo nella parte centrale del nucleo si può suddividere in due sottogruppi, uno mediale e l'altro laterale (Hudovernig, Obersteiner); però anche in questo nucleo, come in quello dell'ipoglosso, si osservano a tale riguardo molte differenze individuali.

I neuriti delle cellule del nucleo predetto, oltre che costituire la porzione motrice viscerale del vago, formano anche la radice bulbare dell'accessorio e forse anche parte delle fibre del glosso-faringeo; per conseguenza il nome più esatto per il nucleo sarebbe quello di *nucleo dorsale dell'accessorio, del vago (e del glosso-faringeo)*. Alcuni autori seguendo il Kölliker sostengono che il nucleo ora descritto sia sensitivo e non motore, altri invece lo ritengono misto cioè sensitivo e motore; a me sembra però che esso abbia tutti i caratteri di un nucleo motore viscerale e questa è anche l'opinione della maggior parte dei moderni ricercatori;

trale (o vicino ad essa) se ne trovino altre, la cui posizione non è però precisata, le quali invierebbero i loro neuriti al muscolo dilatatore dell'iride, al muscolo orbitale ed al muscolo orbito-palpebrale con la interposizione del ganglio ciliare; si tratterebbe quindi di fibre preganglionari simili a quelle che abbiamo veduto originare dalla midolla spinale (cfr. a pg. 125). Le loro cellule radicolari viscerali formerebbero il *centro simpatico bulbare dilatatore dell'iride*, il quale sarebbe quindi il secondo centro con tale funzione, avendosi anche il *centro midollare* sopra ricordato (pg. 280). Però, mentre sulla esistenza di quest'ultimo centro vi è accordo tra i ricercatori, regna la più grande discrepanza intorno al centro bulbare; mentre alcuni (Bugde, Kocher) lo ammettono, altri (Lewandowsky) lo negano recisamente; può darsi che i fenomeni pupillari che si osservano nelle lesioni bulbari siano determinati da fibre di origine encefalica le quali attraversano il bulbo per discendere al centro midollare (Hoffmann, Breuer, Marburg).

non nego però che alle parti laterali del nucleo possano giungere fibre sensitive, ma esse terminano lateralmente al nucleo in questione, cioè nel nucleo sensitivo del vago e del glosso-faringeo, che descriveremo tra poco.

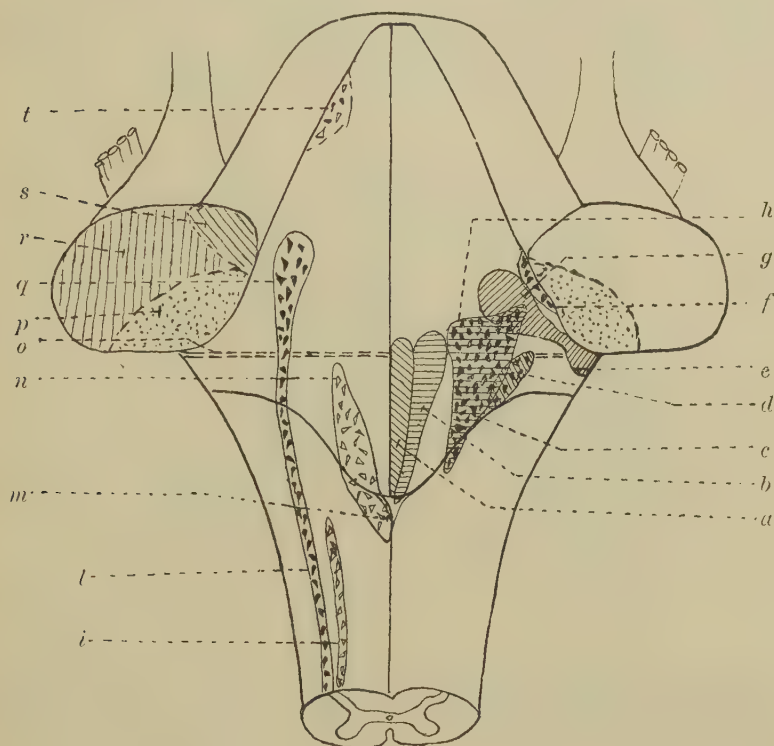


Fig. 226 — Nuclei di cellule sensitive del mielencefalo e del metencefalo (esclusi quelli dei fascicoli gracili e cuneati). Schema. — Il mielencefalo si immagina veduto dalla faccia posteriore. — *a*, nucleo del funicolo terete; *b*, nucleo intercalato; *c*, nucleo della radice discendente del nervo vestibolare; *d*, nucleo vestibolare laterale; *f*, nucleo vestibolare posteriore; *h*, nucleo vestibolare principale; *i*, nucleo del fascio solitario; *l*, nucleo della radice mielencefalica del trigemino; *m*, nucleo commessurale; *n*, nucleo sensitivo del vago e del glosso-faringeo; *o*, limite tra mielencefalo e metencefalo. Le altre lettere si riferiscono al metencefalo.

Cellule sensitive — Le cellule sensitive, che come sappiamo (pg. 411) sono cellule funicolari speciali, si trovano nella metà posteriore della zona grigia centrale, delimitata per mezzo del piano di cui abbiamo fatto ricordo a pg. 415, mescolate con cellule funicolari propriamente dette e con cellule proprie.

Le cellule sensitive non sono disperse senza ordine nella sostanza grigia, ma costituiscono dei nuclei ordinariamente bene circoscritti. Come già abbiamo asserito (pag. 416), si distinguono in somatiche ed in viscerali. Le *cellule sensitive somatiche* (fig. 226) mancano in corrispondenza del condotto mielencefalico e costituiscono un solo accumulo, il *nucleo principale del nervo vestibolare* (1) (*h*) che è situato nella parete ventricolare anteriore (fig. 222, *k*), in quell'ampia zona triangolare che abbia-

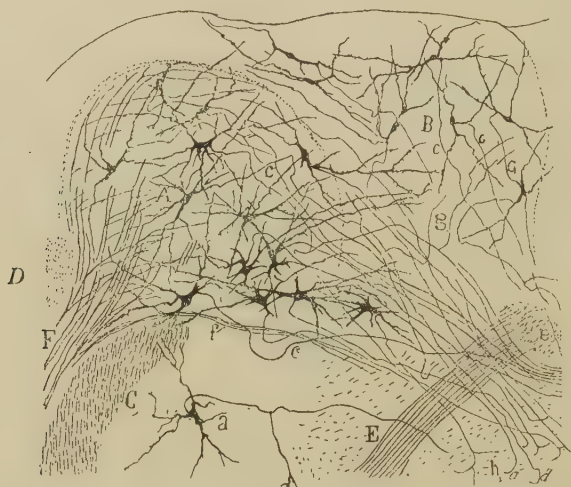


Fig. 227 — Nuclei vestibolari del topo neonato (sezione trasversale del bulbo; metodo del Golgi, sec. il Cajal). — *A*, nucleo vestibolare laterale; *B*, nucleo vestibolare principale; *C*, radice discendente del trigemino; *D*, corpo restiforme; *E*, nervo facciale; *F*, radice del nervo vestibolare; *a*, cellula del nucleo della radice discendente del trigemino; *b*, *d*, fibre del vestibolare; *c*, *c*, neuriti.

mo denominato *area vestibolare*. Esaminato in superficie (fig. 226, *h*), il nucleo in questione ha forma triangolare con la base in alto, che oltrepassa il limite tra mielencefalo e metencefalo estendendosi in quest'ultimo segmento, e l'apice a livello dell'obice; le strie acustiche attraversano quindi la superficie del nucleo (fig. 219 e fig. 226). In sezione trasversa questo nucleo ha forma di triangolo rettangolo (fig. 221, *ac*) con l'angolo retto volto

(1) Sinonimia: *Nucleo triangolare*, *nucleo dorsale dell'acustico*, *nucleo mediale dell'acustico*, *nucleo vestibolare posteriore*.

in avanti e l'ipotenusa corrispondente alla parete anteriore del ventricolo. Le sue cellule sono in generale piccole, triangolari, fusiformi o poligonali (fig. 227, *B*), con dendriti fini e varicosi e di solito piuttosto lunghi, e con un neurite ben manifesto che va a costituire la via vestibolare ascendente; attorno alle cellule suddette terminano collaterali e fibre del nervo vestibolare, nervo sensitivo che origina dai gangli del vestibolo, producendo fittissimi reticoli.

Il tratto inferiore del nucleo vestibolare principale, quello cioè che discende all'esterno del nucleo sensitivo del vago e del glosso-faringeo (fig. 226, *c*), forma il nucleo terminale di un fascio di fibre vestibolari, a cui si dà il nome di radice discendente di questo nervo; per ciò il predetto tratto inferiore del nucleo viene denominato *nucleo della radice discendente del nervo vestibolare*.

Lateralmente al nucleo vestibolare principale, tra esso ed il margine mediale del corpo restiforme (fig. 226, *d*), si trova un altro nucleo che, come meglio vedremo studiando l'origine reale del vestibolare, sembra avere connessioni con questo nervo e per ciò ha il nome di *nucleo vestibolare laterale* (1). È caratterizzato oltre che dalle grosse cellule che lo formano (fig. 227, *A*), anche dall'essere attraversato in vario senso da molti piccoli fasci di fibre nervose, i quali appartengono al sistema del nervo vestibolare. Non è ugualmente ricco di cellule in tutta la sua estensione, poichè le cellule diminuiscono andando inferiormente; non giunge proprio fino all'ependima, ma è situato un po' più anteriormente, subito dietro ad un fascio che studieremo come radice discendente del trigemino. Le sue cellule sono



Fig. 228 — Arborizzazioni pericellulari nel nucleo vestibolare laterale (nel gatto di 20 giorni, secondo il Cajal). — *A, a*, collaterali della radice discendente del nervo vestibolare; *B, C*, plessi pericellulari.

È caratterizzato oltre che dalle grosse cellule che lo formano (fig. 227, *A*), anche dall'essere attraversato in vario senso da molti piccoli fasci di fibre nervose, i quali appartengono al sistema del nervo vestibolare. Non è ugualmente ricco di cellule in tutta la sua estensione, poichè le cellule diminuiscono andando inferiormente; non giunge proprio fino all'ependima, ma è situato un po' più anteriormente, subito dietro ad un fascio che studieremo come radice discendente del trigemino. Le sue cellule sono

(1) Sinonimia: *Nucleo del Deiters, nucleo a cellule giganti* (Cajal).

stellate e multipolari ed hanno diametro di 40-100 μ (Kölliker). I loro dendriti sono così espansi (fig. 227, A) che spesso escono dal nucleo e terminano nelle zone circostanti. Il neurite, assai grosso, origina per lo più da un dendrite (Cajal) e ordinariamente non dà rami fino a che decorre nel nucleo. Attorno alle cellule si trova un fittissimo plesso (fig. 228), paragonabile a quello che circonda le cellule del Purkinje del cervelletto (Cajal, Held, Veratti).

Un altro nucleo che appartiene alla zona grigia centrale, come i due precedenti, e che deve esser qui ricordato per le sue connessioni col sistema delle fibre del nervo vestibolare sebbene sia posto quasi completamente nel metencefalo, è il *nucleo vestibolare posteriore* (1). Esso è situato nella parete anteriore del ventricolo subito davanti all'ependima in corrispondenza dell'angolo laterale del ventricolo cioè nell'origine del recesso laterale (fig. 226, f). È quindi posto subito al di sotto e medialmente al corpo restiforme quando esso si piega in dietro per penetrare nel cervelletto; una piccola espansione del nucleo si accompagna medialmente al corpo restiforme verso il cervelletto e termina quando esso sta per penetrare in quest'ultimo. Il nucleo vestibolare posteriore è costituito da cellule più piccole di quelle del nucleo laterale, multipolari, non separate per mezzo di un fitto plesso nervoso, i cui neuriti escono dal nucleo senza dare origine in esso ad alcuna collaterale (Cajal). Il nucleo vestibolare posteriore riceve senza alcun dubbio fibre dal nervo vestibolare e le sue cellule assomigliano per forma e struttura a quelle del nucleo vestibolare principale; non è quindi troppo azzardato l'ammettere che siano cellule sensitive somatiche. Riguardo alle cellule del nucleo vestibolare laterale, che sono così diverse dalle precedenti, non si può dire altrettanto; anzi l'anatomia comparata insegna trattarsi di cellule speciali, che nei cranioti inferiori hanno la forma e la struttura delle cellule del Purkinje della corteccia cerebellare (Sterzi).

Medialmente al nucleo vestibolare principale si trova un altro gruppo di cellule della zona grigia centrale, gruppo che in superficie corrisponde all'area piumosa della parete anteriore del ventricolo; è il *nucleo intercalato* (fig. 226, b). Esso è interposto tra

(1) Sinonimia: *Nucleo del Betcherew*, *nucleo vestibolare superiore*, *nucleo angolare* (Edinger).

il nucleo dorsale del vago ed il nucleo dell'ipoglosso (fig. 222) e per ciò lo Staderini, che per primo (1894) ne ha dato una esatta descrizione, gli diede l'appellativo di *intercalato*; incomincia verso l'estremità inferiore del ventricolo mielencefalico e termina superiormente in corrispondenza delle strie acustiche, confondendosi con il nucleo vestibolare principale (fig. 226, *b*). Il significato del nucleo intercalato non è ancora ben sicuro; la maggior parte delle ricerche convengono nel farlo considerare come porzione del nucleo del vestibolare e per ciò le sue cellule (che per forma sono simili a quelle di tale nucleo e solo se ne distinguono per essere più piccole) appartenerebbero alla categoria delle sensitive somatiche; il Kappers ed il Brun lo ritengono invece per un nucleo sensitivo viscerale del vago e del glosso-faringeo.

Infine medialmente al nucleo intercalato si trova un altro nucleo (fig. 226, *a*; fig. 222, *m*), il *nucleo del funicolo terete* (1), il quale corrisponde all'eminenza del funicolo terete della parete anteriore del ventricolo mielencefalico; esso incomincia inferiormente all'estremità inferiore del ventricolo come un piccolo gruppo di cellule situato medialmente al nucleo dell'ipoglosso e quindi nella parete del solco mediano del ventricolo; poi, a misura che si va in alto e che il nucleo dell'ipoglosso diminuisce, quello del funicolo terete si fa più manifesto e così giunge fino in prossimità del limite superiore del mielencefalo, ove bruscamente diminuisce di volume ed infine scompare del tutto (fig. 226). Il significato di questo nucleo è sconosciuto; alcuni autori lo considerano come appartenente al sistema dell'acustico, ma è cosa poco probabile, anche perchè sarebbe il solo caso di un gruppo di cellule sensitive collocate subito ai lati della estremità anteriore del solco mediano del ventricolo mielencefalico.

Le cellule sensitive viscerali (fig. 222, *j*; fig. 226, *n*) costituiscono il *nucleo sensitivo del vago e del glosso-faringeo* (2), che si trova nella parete anteriore del ventricolo in corrispondenza dell'ala cinerea (cfr. a pg. 403) e si estende anche per un tratto di circa 2.5 mm

(1) Sinonimia: *Nucleo paramediano, nucleo dell'eminenza terete, nucleo mediale.*

(2) Sinonimia: *Nucleo parvicellulare del vago, n. sensitivo del vago, n. simpatico del vago e del glosso-faringeo, n. dorsale laterale del vago.* Il Cajal lo chiama *nucleo del fascicolo solitario* perchè non lo distingue dal nucleo di questo nome che descriveremo tra poco.

inferiormente al ventricolo mielencefalico, essendo allora posto dietro al nucleo dell'ipoglosso (fig. 226). Il nucleo è lungo in media 13.5 mm. e largo 2 mm.; presenta dunque una grande porzione ventricolare ed una piccola porzione extraventricolare (fig. 226). L'estremità inferiore della prima porzione è coperta da tessuto gelatinoso ricco di vasi, simile a quello che costituisce le tenie mielencefaliche e l'obice; essa corrisponde all'area postrema della parete anteriore del ventricolo. Le cellule di tale nucleo si possono dividere per la loro posizione in tre gruppi e cioè in un *gruppo principale* che occupa la parte mediana del nucleo ed in due *gruppi secondari*, più piccoli del precedente, uno dei quali è *antero-laterale* e l'altro *postero-laterale*; le cellule del primo gruppo sono un po' più grosse di quelle degli altri due (Obersteiner). In corrispondenza del condotto mielencefalico i nuclei sensitivi del vago e del glosso-faringeo dei due lati sono fusi dietro al condotto stesso (fig. 226, *m*); l'insieme delle cellule sensitive viscerali che determinano tale riunione è considerato da alcuni autori (Cajal, Van Gehuchten) come un nucleo a sè ed ha il nome di *nucleo commessurale* (1). Tutte le cellule dei gruppi ora ricordati sono piccole in confronto a quelle degli altri nuclei della zona grigia centrale; per lo più sono fusiformi con l'asse maggiore lungo 30-40 μ . ed il minore lungo 12-20 μ . Hanno dendriti fini, poco ramificati e con scarse spine; il neurite sottile compie numerose curve prima di uscire dal nucleo e penetrare nella sostanza bianca. Tra gli elementi ora ricordati vengono a terminare con arborizzazioni poco fitte le fibre sensitive dei nervi in questione.

Quale continuazione inferiore del nucleo sensitivo del vago e del glosso-faringeo deve esser ricordata una piccola colonna di cellule viscerali sensitive poste nella zona grigia centrale lateralmente al nucleo dell'accessorio (fig. 226, *i*), colonna che ha il nome di *nucleo del fascio solitario* (2) perchè accompagna un fascio isolato di fibre che in gran parte provengono dalla divisione a T della radice del vago e del glosso-faringeo e che discen-

(1) Sinonimia: *Ganglio commessurale* (Cajal); probabilm. anche *nucleo mediale commessurale posteriore* (Obersteiner).

(2) Sinonimia: *Nucleo sensitivo del vago*, *sostanza gelatinosa del vago*, *nucleo dorsale laterale*, *nucleo vestibolare del glosso-faringeo* (Obersteiner).

dono nella midolla allungata (cfr. pg. 385). In corrispondenza di tale nucleo vengono a terminare le fibre del glosso-faringeo.

Cellule funicolari — Oltre alle cellule radicolari e sensitive somatiche e viscerali nella zona grigia centrale si osservano altri gruppi di cellule, di significato per ora oscuro, che raccolgo per ciò col nome molto vago di *nuclei funicolari*.

Un primo gruppo di queste cellule è costituito dai *nuclei subependimali* e dalle cellule nervose che si trovano sparse nella parete anteriore del ventricolo, entro al tessuto gliale posto a contatto con l'ependima (cfr. a pg. 415).

Un secondo gruppo è formato dai *nuclei marginali dei corpi restiformi* (1) (Jacobssohn), che si trovano subito posteriormente e medialmente a questi cordoni, essendo posti al di sotto dello strato grigio corticale con cui sembrano continuarsi; per ciò sono riconoscibili anche dall'esterno ed infatti, esaminando attentamente la faccia posteriore del bulbo tra la tenia mielencefalica ed il corpo restiforme, presso al recesso laterale del ventricolo si nota spesso una stretta area grigia, che è appunto prodotta dai nuclei predetti. Non sono manifesti altro che nel quarto superiore del mielencefalo; in alto si trovano in rapporto medialmente col nucleo vestibolare principale. La forma delle cellule fa supporre che i nuclei predetti assomiglino ai nuclei cocleari anteriori che descriveremo nel metencefalo; si noti però che questa è una semplice ipotesi.

Fibre nervose — Nella zona grigia centrale si trova una gran quantità di fibre nervose che da essa originano o che in essa vengono a terminare. Non è ora possibile il descrivere tutte queste specie di fibre per il loro grande numero e perchè in gran parte sono fibre delle radici dei nervi mielencefalici; ci contenteremo quindi di darne un elenco grossolano, come facemmo per le varie zone grigie della midolla spinale, riserbando di studiarle poi separatamente a misura che se ne presenterà l'occasione. Le fibre nervose della sostanza grigia centrale appartengono a queste varie categorie:

a) Fibre radicolari somatiche, provenienti dal nucleo dell'ipoglosso e costituenti questo nervo motore.

(1) Sinonimia: *Nucleo del corpo restiforme* (Dejerine), *Corpo ponto-bulbare* (Essick).

b) Fibre radicolari viscerali che originano dal nucleo dorsale motore del vago e che producono la radice motoria viscerale del vago.

c) Fibre del nervo vestibolare (fibre sensitive somatiche) che originate dal ganglio vestibolare periferico (ganglio dello Scarpa) terminano nel nucleo omonimo, e fibre vestibolari di II ordine, che originate dalle cellule di questo nucleo, vanno poi a distribuirsi nel nevrasse.

d) Fibre sensitive dei nervi vago e glosso-faringeo (fibre sensitive viscerali) che hanno le loro cellule di origine nei gangli periferici di questi nervi (per il vago nel ganglio nodoso e nel ganglio giugulare del vago, per il glosso-faringeo nel ganglio petroso e nel ganglio giugulare del glosso-faringeo) e terminano nel loro nucleo comune (nucleo sensitivo del vago e del glosso-faringeo); fibre sensitive di II ordine che dalle cellule di questo nucleo vanno verso il cervello.

e) Fibre funicolari che si possono distinguere in afferenti ed in efferenti secondo che originano o terminano nel tratto di zona grigia centrale che si esamina, e collaterali di queste fibre; tra le funicolari ve ne sono di quelle che servono a porre in connessione tra loro i vari nuclei della zona grigia centrale, di quelle che pongono in relazione questi nuclei con gli altri nuclei mielencefalici ed infine di quelle che connettono i nuclei della zona grigia centrale col resto del sistema nervoso centrale.

f) Fibre di origine cerebrale (specialmente piramidali) e di origine cerebellare che terminano nella zona grigia centrale ed hanno l'ufficio di trasportare ad essa stimoli sorti nel cervello o nel cervelletto.

b) Zone grigie anteriori — Hanno la medesima struttura delle teste delle colonne anteriori della midolla spinale, delle quali formano la diretta continuazione (cfr. a pg. 385); contengono per ciò cellule radicolari somatiche, cellule funicolari e cellule proprie.

Cellule radicolari somatiche — Sono simili alle midollari, però non hanno più una disposizione a gruppi, ma sono irregolarmente disseminate; questo fatto si osserva già nel limite inferiore del bulbo, cioè subito sotto all'incrociamiento delle piramidi. Esse danno origine a fibre motrici che, uscendo dal mielencefalo, costituiscono quelle radicole del nervo spinale che sor-

gono nel limite tra il mielencefalo e la midolla spinale; contribuiscono quindi a formare il *nucleo del nervo spinale* (fig. 223, a) che si estende spinalmente nel processo laterale delle colonne anteriori (cfr. a pg. 170). Queste cellule sono simili a quelle midollari, hanno molti dendriti diretti radialmente, alcuni dei quali si incrociano sulla linea mediana, i neuriti dapprima decorrono verticali in alto come fanno anche quelli che originano dalla porzione cervicale della midolla, e poi si ripiegano verso l'esterno per formare le suddette radicole.

Cellule funicolari e cellule proprie — Sono scarse e disseminate.

Fibre — Nelle zone grigie anteriori si trovano fibre nervose simili a quelle delle colonne anteriori della midolla spinale.

c) Zone grigie posteriori. — Le zone grigie posteriori hanno struttura simile alle teste delle colonne posteriori ed alla sostanza gelatinosa del Rolando della midolla spinale e costituiscono una parte dei nuclei terminali del nervo trigemino sensitivo (il resto di questi nuclei si trova nel metencefalo); per ciò le zone in questione hanno anche il nome di *porzioni mielencefaliche dei nuclei sensitivi del trigemino* (fig. 226, l).

Le zone in questione si prolungano in tutto il mielencefalo essendo sempre costituite da due porzioni, una esterna o periferica che è la *porzione rolandica* del nucleo, l'altra interna o mediale che chiameremo *porzione colonnare*; la prima ha la struttura della sostanza gelatinosa del Rolando, la seconda quella della testa della colonna posteriore con cui essa si continua spinalmente. Le due porzioni sono nettamente distinte nella metà inferiore del mielencefalo; nell'altra metà non vi è più limite preciso tra esse.

Tanto la porzione rolandica che la porzione colonnare sono costituite da sostanza grigia attraversata in ogni senso da molte fibre amieliniche; verso la superficie esterna la porzione rolandica è limitata dalla *radice discendente del trigemino*, medialmente la porzione colonnare è invece a contatto con un fascio poco denso sul quale torneremo nel descrivere la sostanza bianca e che ha il nome di *fascicolo concomitante del trigemino*. Tra questi due sistemi di fibre longitudinali se ne osservano molte di trasverse, che in apparenza vanno dall'uno all'altro sistema (mentre in realtà hanno diverso cammino); sono *fibre arciformi interne*,

le quali quindi attraversano il nucleo del trigemino. Entro ad esso, tanto nella sua porzione rolandica come nella colonnare, si vedono pure dei fascetti di fibre longitudinali; sono più frequenti nella parte periferica della zona rolandica e per il loro significato si chiamano *fibre aberranti della radice discendente del trigemino* (Breuer e Marburg) (1).



Fig. 229 — Zona grigia posteriore di coniglio neonato (sezione trasversale; metodo del Golgi, secondo il Cajal). — A, lato anteriore della radice; a, cellule interstiziali; b, cellule marginali; d, e, cellule profonde piccole; f, cellule profonde grandi.

Ogni zona grigia posteriore contiene cellule sensitive, cellule funicolari e cellule proprie. Per la forma e per le dimensioni queste cellule si assomigliano, ma naturalmente sono diverse per il cammino del neurite. Il Cajal, non tenendo conto di quest'ultimo carattere (che è però il più importante) e riferen-

(1) Sinonimia: *Fibre dissociate della radice spinale del trigemino* (Cajal).

dosi solo alla posizione nel nucleo, divide le cellule delle zone grigie posteriori (fig. 229) in *cellule interstiziali*, in *cellule marginali* ed in *cellule profonde*. Le prime (*a*) sono triangolari e fusiformi o stellate e si trovano tra le fibre nervose della radice sensitiva del trigemino o tra queste fibre e le cellule marginali; i dendriti decorrono tra le fibre o volgono tra le cellule marginali, il neurite o va a costituire la via sensitiva di II ordine del trigemino (ed allora la cellula interstiziale che lo ha generato è sensitiva) oppure termina nel nucleo o nel mielencefalo (ed in tali casi deriva da una cellula propria o da una funicolare). Le cellule marginali (fig. 229, *c*) sono fusiformi, piriformi o mitrali ed assomigliano alle cellule della sostanza gelatinosa del Rolando; i loro dendriti decorrono per lo più in senso antero-posteriore; il neurite si comporta come quello delle cellule interstiziali. Le cellule profonde (fig. 229) si distinguono in piccole ed in grandi. Le prime stanno di solito riunite in accumuli (*d, e*), in mezzo ad un complicato intreccio nervoso prodotto dalle arborizzazioni dei loro dendriti e di quelli di cellule interposte tra gli accumuli e dalle terminazioni di collaterali provenienti dal trigemino; sono piriformi o triangolari o mitrali, con i dendriti situati solo da un lato del corpo cellulare e col neurite che si comporta come quello delle cellule interstiziali. Le cellule profonde grandi o giganti (*f*) non formano accumuli, i loro dendriti si dirigono per lo più in senso verticale ed il neurite, che spesso origina da un grosso dendrite, dopo aver dato origine a delle collaterali, va a costituire la via sensitiva di II ordine del trigemino; per ciò le cellule giganti appartengono al tipo delle cellule sensitive.

Tra le cellule delle zone grigie posteriori terminano numerose fibre e cioè:

a) Fibre del trigemino e loro collaterali (a questo riguardo si deve fin d'ora notare che il trigemino ha la origine apparente nel ponte del Varolio e che le sue fibre, dopo esser penetrate nel ponte, si dividono in un ramo ascendente ed in uno discendente; nelle zone grigie posteriori della midolla allungata terminano le fibre discendenti che formano nel loro insieme la *radice discendente* del nervo).

b) Fibre funicolari e loro collaterali, (come meglio vedremo a suo tempo il nucleo terminale del trigemino sensitivo è in connessione con gli altri nuclei sensitivi del mielencefalo).

c) Fibre proprie, che stabiliscono connessioni tra i vari segmenti del nucleo del trigemino.

Originano poi dal nucleo in questione la via sensitiva di II ordine del trigemino, la quale dalle cellule nucleari sale verso il cervello; le sue fibre formano il sopra ricordato *fascicolo concomitante del trigemino*.

d) Formazione reticolare (grigia) — La formazione reticolare grigia, che, come sappiamo (pg. 387), nella midolla allungata è molto diffusa, viene prodotta da cellule radicolari, da cellule funicolari e da cellule proprie; assomiglia quindi alla formazione omonima della midolla spinale (cfr. a pg. 212).

Cellule radicolari — Costituiscono i *nuclei ambigui* ⁽¹⁾, dei quali abbiamo già fatto menzione (pg. 382); essi si trovano al di sopra delle zone grigie anteriori (fig. 223, c) e nella continuazione di tali zone, cosicchè da vari autori sono riguardati come appartenenti ad esse; tra le zone ed i nuclei ambigui si trovano cellule radicolari sparse nella formazione reticolare. Tutte queste cellule come pure quelle dei nuclei ambigui sono della categoria delle somatiche e danno origine alla parte motrice somatica del nervo vago, del glosso-faringeo e dello spinale (cfr. a pg. 417).

Il nucleo ambiguo (fig. 223, c) è lungo circa 18 mm; la sua estremità inferiore è posta un poco sopra al polo inferiore del nucleo olivare inferiore, la superiore si spinge nel ponte ad un livello corrispondente al polo inferiore del nucleo del nervo facciale (fig. 223, d).

Le cellule del nucleo ambiguo per la maggior parte sono grosse, multipolari, con robusti dendriti spinosi terminanti di solito entro al nucleo stesso; per la forma e per la minuta strut-

(1) Questo nucleo, già noto al Clarke (1858, 1868) che lo credette appartenere al trigemino, venne descritto per la prima volta con esattezza da W. Krause (1876) che lo ritenne di incerto significato e per ciò lo denominò *nucleus ambiguus*; tale nome oggi non è più appropriato. Sinonimia: *Nucleo ventrale del vago e del glosso faringeo*, *Nucleo motore del vago*, *Nucleo laterale medio* (Roller).

Alcuni autori lo credono radicolare viscerale, come se le sue fibre fossero preganglionari (cfr. a pg. 125); l'embriologia e l'anatomia comparata contraddicono però tale idea.

tura assomigliano grandemente alle cellule radicolari somatiche della midolla spinale ed a quelle dei nuclei dell'ipoglosso.

Non tutte hanno però le medesime dimensioni, perchè accanto a cellule grosse ne ho sempre vedute di piccole, irregolarmente distribuite. Non sono riuscito ad osservare differenze strutturali tra le une e le altre; però voglio far notare che nel coniglio il nucleo ambiguo è costituito da una porzione di cellule piccole molto addensate e da una porzione con cellule grandi e poco stipate, e che le due specie di cellule hanno struttura alquanto differente (Bunzl-Feder n), lo che può indicare che il loro significato anatomico e funzionale sono pure diversi. Anche nel nucleo ambiguo dell'uomo le cellule nervose non sono ugualmente addensate ed a questo riguardo si possono distinguere in tre gruppi, lunghi quanto ciascun nucleo e paralleli tra loro, cioè in un gruppo mediale con elementi addensati, in un gruppo laterale con elementi disseminati ed in un gruppo intermedio con elementi che hanno una densità media tra i due altri gruppi. Nel mezzo del nucleo i gruppi mediale e laterale si possono suddividere in due sottogruppi, anteriore l'uno e posteriore l'altro (Hudovernig). I neuriti di queste cellule volgono posteriormente e poi dopo un breve tragitto d'un tratto si ripiegano in avanti ed allora si riuniscono insieme per uscire dal mielencefalo col tronco del vago; di rado emettono collaterali e queste terminano sempre nel nucleo stesso.

Cellule funicolari — Sono sparse in tutta la formazione reticolare grigia e si accumulano in alcune zone, costituendo speciali nuclei. Esaminate nel loro insieme hanno forma varia e dimensioni che vanno da 14 a 90 μ ; grossolanamente, in special modo le più voluminose, ricordano per l'aspetto le cellule radicolari. Il Cajal le divide in cellule piccole e medie (14-24 μ) ed in cellule giganti (30-90 μ) e fa notare che le prime si trovano specialmente nella sostanza reticolare grigia. In ogni caso i dendriti sono numerosi e molto ramificati ed il neurite termina nella sostanza bianca; attorno ai dendriti si nota un fitto plesso ricco di bottoni terminali (Cajal).

Il principale accumulo di cellule funicolari della formazione reticolare è il *nucleo del fascio laterale*, che già abbiamo menzionato (pg. 382). Esso è situato nell'area del fascio laterale del bulbo, subito all'esterno del nucleo ambiguo, dietro alla oliva e davanti alla radice discendente del trigemino (fig. 230); inco-

mincia subito sopra all'incrocciamento delle piramidi e si conserva bene manifesto fino circa alla metà del nucleo olivare inferiore (fig. 230), al di sopra del quale le cellule nervose a poco a poco si fanno sempre più rade sino a che prendono l'aspetto generale delle cellule della formazione reticolare. Il nucleo è più manifesto nei mammiferi domestici che nell'uomo.

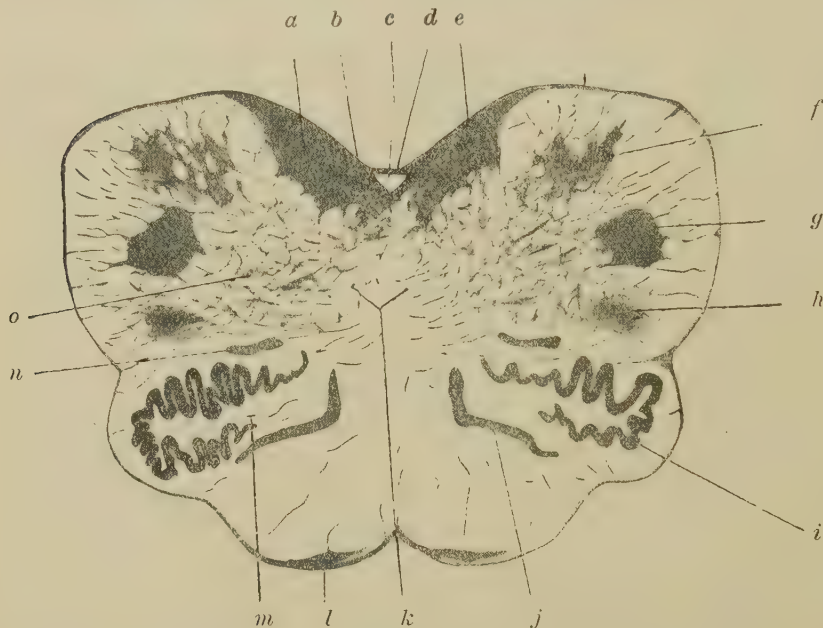


Fig. 230 — La sostanza grigia nella metà superiore del bulbo (sezione trasversale fatta a livello dell'obice, subito sotto al recesso inferiore del ventricolo mielencefalico). — *a*, zona grigia centrale; *b*, nucleo dell'ipoglosso; *c*, sbocco del condotto mielencefalico nel ventricolo; *d*, obice; *e*, nucleo dell'acustico; *f*, nucleo del fascio cuneato; *g*, zona grigia posteriore; *h*, nucleo laterale; *i*, nucleo olivare; *j*, nucleo paraolivare anteriore; *k*, formazione reticolare bianca; *l*, nucleo prepiramidale; *m*, ilo dell'oliva; *n*, nucleo paraolivare posteriore; *o*, formazione reticolare grigia.

In questo non costituisce una sola massa compatta, ma tre accumuli in ogni lato del bulbo, riuniti tra loro per mezzo delle trabecole della formazione reticolare; due accumuli sono superficiali, ed uno di essi è anteriore all'altro; il terzo accumulo è profondo, situato medialmente ai precedenti. Questi ultimi sono separati dallo strato grigio corticale per mezzo di una zona di sostanza bianca larga circa 2 mm.; l'anteriore è il principale accumulo del nucleo e spesso gli autori considerano solo esso come nucleo laterale, trascurando le due altre parti sopra accennate.

Le cellule del nucleo del fascio laterale (intendendo con questo nome quelle dei tre accumuli predetti e quelle che si trovano nelle trabecole della formazione reticolare interposte tra essi) sono piuttosto grosse (hanno diametro medio di 40 μ), stellate, triangolari o fusiformi; contengono granuli cromatici di medio volume e discreta quantità di pigmento lipocromico; le neurofibrille sono disposte a reti. I dendriti per lo più sono diretti in senso antero-posteriore (Cajal) e presentano ricche arborizzazioni; i neuriti, che talvolta emettono collaterali nel nucleo, in parte volgono verso il lato anteriore del mielencefalo e si disperdono nella formazione reticolare bianca (Blumenaui), in parte volgono verso i corpi restiformi, per mezzo dei quali vanno al cervelletto (Yagita). Le cellule del nucleo del fascio laterale sono quindi in parte cellule funicolari mielo-cerebellari. È dubbio se i loro neuriti si dividano tipicamente a T in un ramo ascendente ed in un ramo discendente; il Cajal avrebbe osservato alcune di queste divisioni.

Un altro gruppo di cellule funicolari è il *nucleo gigantocellulare della formazione reticolare* (1) (fig. 221, f). Comincia a comparire in corrispondenza del terzo inferiore dell'oliva, ove è posto medialmente al nucleo ambiguo, e diventa più manifesto a misura che va in alto, occupando la parte centrale della formazione reticolare al davanti del nucleo dell'ipoglosso; si conserva bene manifesto fino alla estremità superiore del bulbo essendo sempre posto dietro ai nuclei olivari. Non è mai costituito da cellule molto addensate; di solito esse formano piccoli gruppi di 3-6 cellule disseminati senza ordine; numerose fibre midollate ed amidollate, ora isolate, ora riunite in fascetti, lo attraversano in tutte le direzioni. Nel suo terzo superiore le cellule nervose sono disseminate anche nella formazione reticolare bianca limitrofa. Nei mammiferi (topo e coniglio) le cellule si possono suddividere in due gruppi, uno ventrale posto subito dietro alla via piramidale, e l'altro dorsale, situato in vicinanza della sostanza grigia centrale (Cajal). Le cellule sono piuttosto grosse (onde l'appellativo di « gigantocellulare »); i loro neuriti almeno in parte conservano la divisione a T di quelli delle cellule funicolari tipiche.

(1) Sinonimia: *Nucleo reticolare* (Kölliker), *Nucleo centrale* (Roller), *Nucleo del Roller* (Betcherew), *Nucleo centrale inferiore* (Betcherew). Il nome adoperato nel testo è dello Jacobssohn.

Il nucleo è un centro di associazione tra vari segmenti della midolla allungata e tra la midolla allungata, il ponte e la midolla spinale. I neuriti inferiormente si spingono fino nella porzione cervicale della midolla spinale e superiormente pare arrivino fino al ponte; parecchi s'incrociano nel rafe (Kohnstamm).

Le cellule funicolari della formazione reticolare servono tra l'altro a porre in connessione i nuclei motori e sensitivi che abbiamo descritto nelle pagine precedenti; tra queste connessioni hanno speciale importanza quelle tra i nuclei del facciale (nervo che descriveremo col ponte), del vago e del frenico (nervo che origina dalla midolla cervicale), i quali nervi si distribuiscono a muscoli dell'apparato respiratorio.

Le cellule proprie della formazione reticolare sono scarse e si possono solamente dimostrare nei nuclei, ove hanno l'aspetto di piccole cellule axoramificate.

3 - Struttura della sostanza grigia interna propria al bulbo

a) Nuclei dei fascicoli gracili e cuneati — Sono formati quasi esclusivamente da cellule funicolari sensitive; però contengono anche cellule funicolari tipiche e cellule proprie.

Le cellule sensitive si presentano con due aspetti diversi, cioè come *cellule dei follicoli* e come *cellule sparse*. Le prime costituiscono degli accumuli (« *isolotti* » del Cajal) che nelle sezioni sembrano prodotti da 4-10 cellule; le seconde stanno disperse tra i follicoli. Le cellule dei follicoli hanno forma irregolarmente poligonale (fig. 231, *e*) e diametro che varia da 15 a 30 μ ; in generale si può dire che aumentano di volume andando dall'estremità inferiore all'estremità superiore dei nuclei. Dal corpo cellulare partono 3-8 dendriti spinosi, che dopo breve cammino si ramificano in guisa da costituire un ricca arborizzazione (fig. 231, 232), la quale circonda il corpo cellulare. Nel nucleo del fascicolo cuneato spesso le arborizzazioni di dendriti provenienti da diverse cellule si incontrano e si mescolano, formando complicatissimi intrecci (Cajal). Nelle cellule più grosse i dendriti si dipartono dal corpo cellulare secondo due direzioni opposte (fig. 232). Il neurite origina o direttamente dal corpo cellulare o da un dendrite (fig. 231, 232) e compie subito molte curvature nell'attraversare la sostanza grigia; esso, come vedremo meglio tra

poco, va a costituire il fascio bulbo-talamico. Nel nucleo il neurite emette scarse collaterali che si distribuiscono con ricche arborizzazioni tra le sue cellule. In mezzo alle terminazioni den-

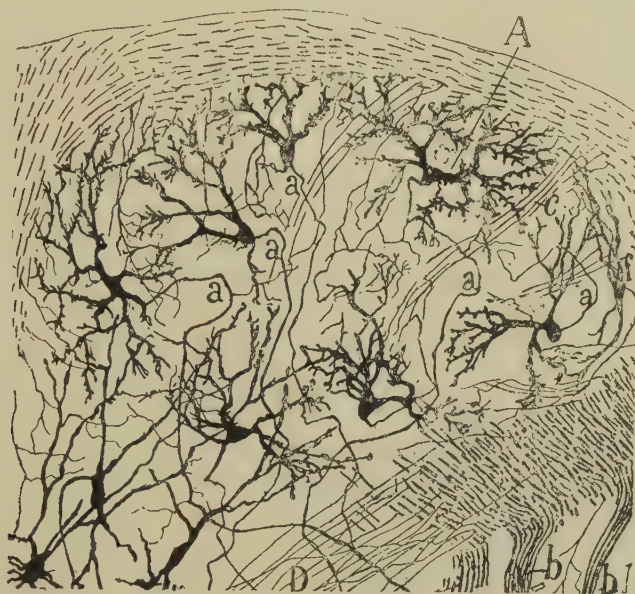


Fig. 231 — Nucleo del fascicolo cuneato di gatto neonato (sec. il Cajal; metodo del Golgi). — A, nucleo; a, a, neuriti delle sue cellule; b, b, fibre del fascicolo cuneato.



Fig. 232 — Cellule del nucleo del fascicolo cuneato (feto umano; metodo del Golgi; secondo il Cajal). — a, a, neuriti.

dritiche dei follicoli si nota un fitto plesso di diramazioni neuritiche, il quale in parte deriva da neuriti di cellule funicolari e di cellule proprie o da collaterali dei neuriti delle cellule sensitive, ma per la massima parte proviene dalle fibre del fascicolo gracile e del fascicolo cuneato, le quali salgono dalla midolla spinale. Ad ogni follicolo vanno tre o quattro fibre sole.

Le cellule sparse sono più grosse delle precedenti (arrivano al diametro di 40 μ : fig. 231) e se ne distinguono oltre che per la posizione, anche per la forma; infatti i loro dendriti sono in numero un po' minore ma più lunghi e non danno luogo ad arborizzazioni così fitte come quelli delle cellule precedenti (fig. 231). Questi dendriti di solito penetrano nei follicoli vicini e vi terminano e per conseguenza si pongono contemporaneamente in rapporto con vari follicoli. Il neurite, che spesso nasce da un dendrite, va a formare anch'esso la via bulbo-talamica. Negli spazi tra i follicoli decorrono fasci di fibre nervose provenienti dai fascicoli gracile e cuneato o dagli elementi dei nuclei suddetti.

Le cellule funicolari predominano nella parte superficiale dei nuclei (appartengono alla categoria delle cellule marginali del Cajal, sebbene non tutte le cellule superficiali siano di questa specie, perchè ne ho viste anche di sensitive); sono più piccole delle cellule sensitive, inviano i loro dendriti in varia direzione ed alcune si trovano tra i follicoli mescolate con le cellule sensitive sparse.

Le cellule proprie sono molto poche ed appartengono al tipo delle axoramificate; nell'uomo non furono mai vedute, ma si possono vedere nel cane adulto e nel gatto neonato.

La forma e la distribuzione delle cellule sono un po' diverse nel nucleo del fascicolo gracile ed in quello del fascicolo cuneato. Il primo è costituito in prevalenza da cellule dei follicoli piccole (9-16 μ di diametro medio), con dendriti corti ma molto ramificati e muniti di spine fino alle loro terminazioni; le cellule sparse sono poche ed assai grosse. Il nucleo del fascicolo cuneato ha struttura diversa in ognuna delle due porzioni che lo formano (cfr. pg. 389). La porzione mediale assomiglia per la struttura al nucleo del fascicolo gracile e quindi è formata prevalentemente da cellule dei follicoli piccole; perciò questa porzione viene anche denominata *nucleo parvicellulare del fascicolo cuneato* (cfr. pg. 389, nota 1^a). Le predette cellule sono sferoidali, raramente poliedriche ed i dendriti si comportano come nel nucleo del fasci-

colo gracile; invece le cellule sparse sono poche, grosse, poligonali ed i loro lunghi dendriti si spingono talvolta fino alla sostanza bianca circostante. La porzione laterale viene costituita in prevalenza da cellule sparse, grosse (30-50 μ . di diametro) e poligonali; per ciò è anche chiamata *nucleo magnocellulare del fascicolo cuneato* (cfr. pg. 390, in nota); queste cellule sono caratterizzate dal contenere pigmento lipocromico nel loro citoplasma (Obersteiner) e per ciò la porzione laterale anche macroscopicamente differisce dalla mediale; le cellule dei follicoli sono scarse e formano follicoli piccoli e molto disseminati.

Tenendo conto della maggiore o minore densità delle cellule, i nuclei del fascicolo gracile e del fascicolo cuneato vennero distinti in varie zone; per il primo nucleo la suddivisione non è fondata; per il secondo si può solo osservare che le cellule superficiali sono più fitte delle profonde e quindi ha una base la divisione del nucleo del funicolo cuneato in una zona centrale principale ed in una zona corticale (Karplus).

Nei nuclei ora descritti terminano fibre nervose e da essi traggono origine altre fibre.

Le fibre che giungono ai nuclei provengono dal fascio gracile e dal fascio cuneato della midolla spinale. Queste fibre, che costituiscono la via sensitiva di I ordine della midolla spinale e delle quali già conosciamo l'origine, il decorso ed il significato (cfr. a pg. 241 e 259), a misura che salgono nel mielencefalo, penetrano nel nucleo omonimo e vi terminano formando ricchi plessi tra le sue cellule sensitive (fig. 233). Ma noi abbiamo veduto (pg. 244) che il fascicolo gracile contiene fibre derivate dai segmenti inferiori del corpo ed il fascicolo cuneato fibre provenienti dalla porzione superiore del tronco; quindi le fibre che trasportano la sensibilità

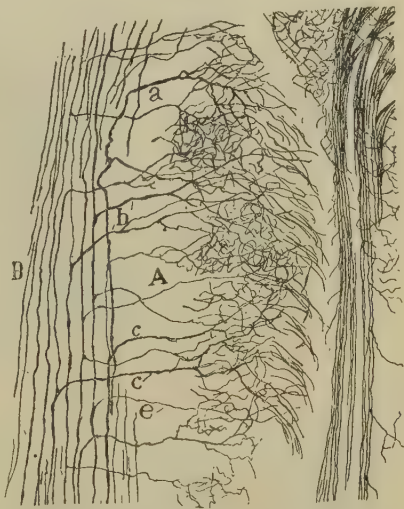


Fig. 233 — Terminazione del fascio cuneato nel rispettivo nucleo (nel topo neonato, secondo il Cajal; sezione sagittale, metodo del Golgi). — A, nucleo del fascio cuneato B; a, fibre del fascio che terminano nel nucleo; b, c, e, loro collaterali.

muscolare e tattile degli arti inferiori (sappiamo che le sensibilità termica e dolorifica si trasmettono all'encefalo per altre vie; cfr. a pg. 259-260) vanno ad espandersi nel nucleo del fascicolo gracile e quelle che trasportano le stesse sensibilità degli arti superiori vanno a terminare nel nucleo del fascicolo cuneato. Ciò ha importanza per la patologia delle vie nervose.



Fig. 234 — Struttura del mielencefalo, in una sezione trasversale fatta nel mezzo tra il polo inferiore dell'oliva e l'origine apparente delle radici anteriori del I paio di nervi cervicali (uomo di 39 anni; metodo del Weigert). — *a*, fascio gracile; *b*, fascio cuneato; *c*, radice discendente del trigemino; *d*, suo nucleo; *e*, fascio midollo-cerebellare posteriore; *f*, fascio midollo-cerebellare anteriore; *g*, nucleo del fascio laterale; *h*, fascio olivo-midollare; *i*, nervo ipoglosso; *l*, via cortico-midollare; *m*, fascio bulbo-talamico; *n*, nucleo olivare accessorio anteriore; *o*, nucleo del nervo spinale; *p*, fibre arciformi interne; *q*, fascio rubro-midollare; *r*, fascicolo piramidale aberrante di Henle-Pick; *s*, fibre arciformi esterne anteriori; *t*, porzione laterale del nucleo del fascicolo cuneato; *u*, porzione mediale del predetto nucleo; *v*, nucleo del fascicolo gracile; *Ip*, nucleo dell'ipoglosso; *Vg*, nucleo dorsale motore del vago.

Ogni fibra nervosa prima di terminare invia nel nucleo varie collaterali (fig. 233); anche queste costituiscono fitti plessi.

Dalle cellule sensitive dei nuclei in questione originano neuriti che per la massima parte contribuiscono a produrre la *via*

bulbo-talamica e per piccola parte concorrono a formare la *via bulbo-cerebellare*.

Le fibre della *via bulbo-talamica* derivano dal nucleo del fascicolo gracile e dalla parte mediale del nucleo del fascicolo cuneato.

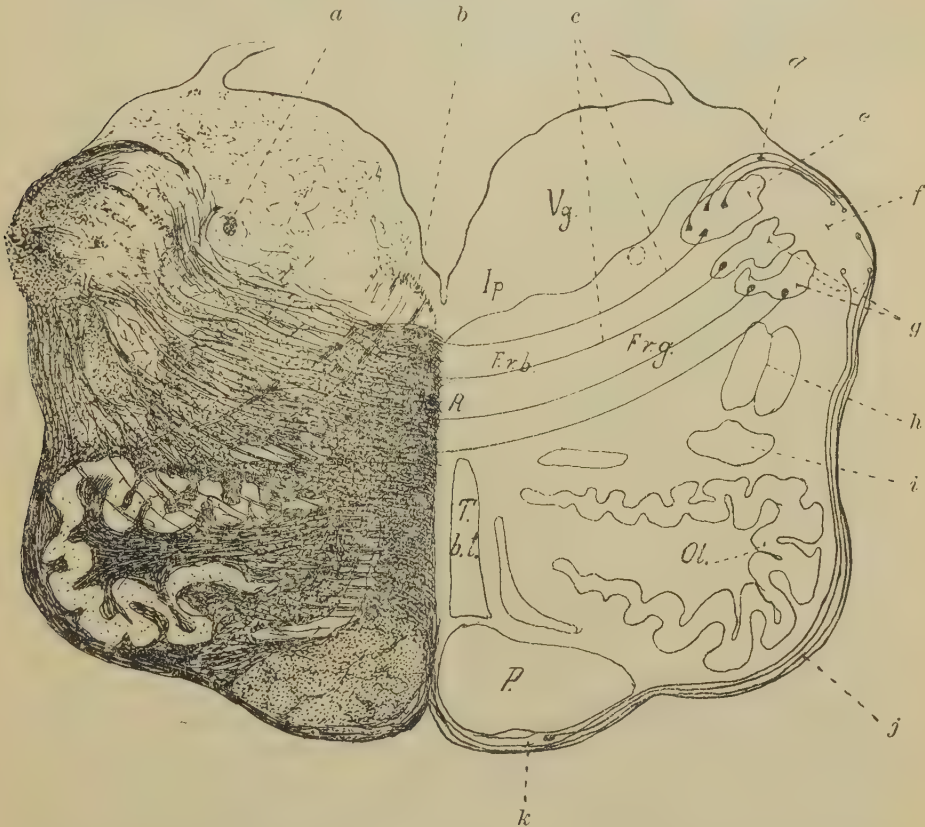


Fig. 235 — Struttura del mielencefalo, in una sezione trasversale fatta circa alla metà del nucleo olivare inferiore (come nella fig. 234). — *a*, fascio solitario; *b*, cappuccio del nucleo dell'ipoglosso; *c*, fibre arciformi interne; *d*, fibre arciformi esterne posteriori; *e*, nucleo del fascicolo gracile; *f*, corpo restiforme; *g*, nucleo del fascicolo cuneato (porzione interna ed esterna); *h*, radice discendente del trigemino e suo nucleo; *i*, nucleo del fascio laterale; *j*, fibre arciformi esterne anteriori; *k*, nucleo arcuato; *Fr.b.*, formazione reticolare bianca; *Fr.g.*, formazione reticolare grigia; *Ip*, nucleo dell'ipoglosso; *Ol.*, nucleo olivare inferiore; *P*, piramide; *R*, rafe; *T.b.t.*, fascio bulbo-talamico; *Vg*, nucleo dorsale motore del vago.

Tali fibre, uscite dai nuclei rispettivi, volgono in avanti e medialmente, in modo da produrre delle curve a concavità postero-mediale (figg. 234, 235, 236) e s'incrociano sulla linea mediana con-

tribuendo a formare il rafe; allora si ripiegano bruscamente in alto e, riunite insieme, costituiscono quella via sensitiva di II ordine che, terminando nel talamo ottico, ha il nome di *fascio bulbo-talamico* (figg. 234-236). Il loro numero è molto grande come è pure grande l'area di midolla allungata che le contiene. Le fibre suddette fino a che decorrono trasversali si comportano come *fibre arciformi interne* del mielencefalo (cfr. a pg. 394).

Non è stabilito che tutte le fibre dei fasci ora ricordati si incrocino prima di mutare direzione, cioè prima di passare dallo stato di fibre arciformi incrociate a quello di fibre longitudinali; sembra che talvolta le fibre arciformi possano mutare direzione prima di oltrepassare il rafe e che s'incrocino solo dopo aver decorso per un certo tratto come fibre ascendenti non incrociate. La zona del rafe, nella quale si trovano le fibre arciformi di origine sensitiva ora descritte, è la zona interolivare (figg. 234-236); il fascio bulbo-talamico si costituisce quindi tra le olive ed il rafe; davanti ad esso decorrono, come meglio vedremo in seguito, la via cortico-midollare e la cortico-bulbare (via piramidale). La porzione mediale di ciascun fascio bulbo-talamico è quella che proviene dal nucleo del fascicolo gracile, la porzione laterale è invece formata dai neuriti del nucleo del fascicolo cuneato (Romagna-Manola).

Le fibre della via bulbo-cerebellare salgono al cervelletto per mezzo dei corpi restiformi e si distinguono in *fibre arciformi interne* ed in *fibre arciformi esterne*.

Le *fibre arciformi interne* decorrono nello spessore del bulbo, attraversano la radice discendente del trigemino (fibre intratrigeminali del Mingazzini) oppure passano davanti (fibre pretrigeminali) o dietro (fibre retrotrigeminali) a tale radice, si incrociano nel rafe (Tschermak) e vanno nel corpo restiforme del lato opposto; dopo che lo hanno raggiunto, diventano ascendenti per andare verso il cervelletto. Queste fibre originano nel nucleo del fascicolo gracile e nella porzione mediale di quello del fascicolo cuneato; danno collaterali al nucleo laterale della formazione reticolare, al nucleo vestibolare principale e forse al nucleo dentato del cervelletto; terminano nel verme cerebellare superiore (Tschermak).

Le *fibre arciformi esterne* si distinguono in *fibre arciformi esterne posteriori* ed in *fibre arciformi esterne anteriori* (fig. 235-236). Le prime sono scarse; originano tanto dal nucleo del fascicolo gracile come da quello del fascicolo cuneato di ogni metà del

bulbo (fig. 235, *d*; fig. 236, *c*); volgono allora posteriormente verso la superficie, e mutano direzione decorrendo verticali nel corpo restiforme del medesimo lato per andare al cervelletto. Queste fibre sono ben manifeste solo presso all'estremità superiore dei nuclei dei fascicoli gracile e cuneato.

Le fibre arciformi esterne anteriori hanno un decorso più lungo ed all'opposto delle precedenti sono sempre incrociate. Esse

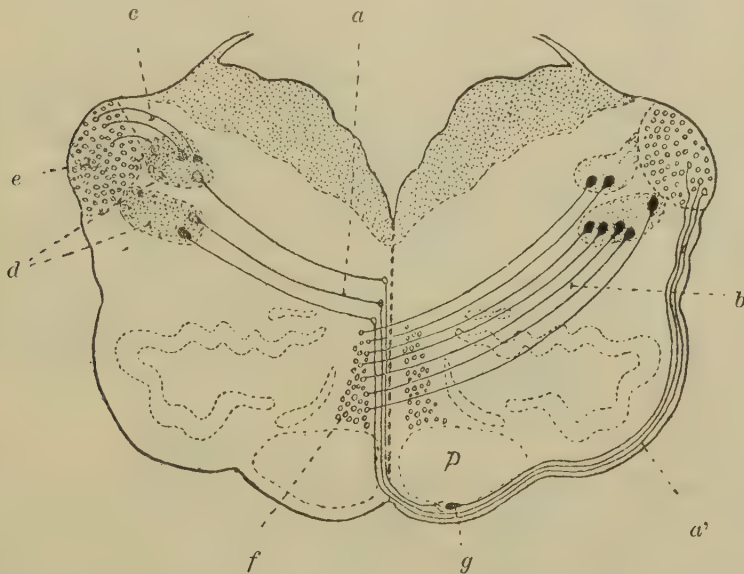


Fig. 236 — Le fibre che originano dai nuclei dei fascicoli gracili e dei fascicoli cuneati, vedute in una sezione trasversale del bulbo (Schema). — *a*, fibre arciformi interne che, dopo aver decorso come fibre rette, diventano fibre arciformi esterne anteriori *a'* e possono interrompersi nei nuclei arcuati *g*; *b*, fibre arciformi interne che diventano fibre del fascio bulbo-talamico *f*; *c*, fibre arciformi esterne posteriori; *d*, nuclei dei fascicoli gracile e cuneato; *e*, corpo restiforme; *P*, via piramidale.

originano nel nucleo del fascicolo gracile (fig. 236, *d*) e specialmente dalla porzione laterale del nucleo del fascicolo cuneato e quindi vanno verso il rafe, comportandosi come fibre arciformi interne (fig. 236, *a*); giunte al rafe non l'attraversano, ma decorrono per un certo tratto ascendenti e quindi, ripiegandosi bruscamente, volgono in avanti, passando di lato al rafe (fig. 236); così arrivano in corrispondenza della fessura mielencefalica ed in questo tratto, nel quale sono parallele al rafe, per la loro regolarità hanno il nome di *fibre rette*. Raggiunta la fessura, le fibre in questione si incrociano, passando nella metà opposta

della midolla allungata (fig. 236, *a'*) ed allora ne percorrono con cammino trasversale la superficie esterna, essendo contenute nello strato grigio corticale; perciò si vedono anche macroscopicamente (cfr. pg. 367). Queste fibre da ultimo diventano ascendenti e vanno al cervelletto per mezzo del corpo restiforme (fig. 236). Come adunque si vede, i nuclei del fascicolo gracile e del fascicolo cuneato sono congiunti al cervelletto per una via diretta (fibre arciformi esterne posteriori) e per una via incrociata (fibre arciformi esterne anteriori).

Le fibre arciformi esterne sono più o meno manifeste nei vari individui; talvolta mancano in corrispondenza delle olive e talvolta coprono anche questi nuclei. Alcuni autori credono che fibre arciformi esterne anteriori terminino nel nucleo laterale del lato opposto a quello nel quale sono originate e che dal nucleo laterale provengano nuove fibre che vanno al corpo restiforme del medesimo lato; questa interruzione è però ancora dubbia. Invece non vi è discussione intorno ai rapporti dei nuclei arcuati e dei nuclei prepontini con le fibre arciformi esterne anteriori (cfr. a pg. 408); difatti in questi nuclei molte di tali fibre si interrompono (fig. 236, *g*).

b) Nuclei olivari inferiori e nuclei paraolivari — Questi nuclei sono costituiti quasi esclusivamente da cellule funicolari; formano quindi dei veri centri di associazione del mielencefalo. Le cellule hanno però una morfologia speciale, che le rende caratteristiche in tutto il sistema nervoso centrale. Si tratta di elementi con leggera pigmentazione, presso a poco del medesimo volume (il loro diametro varia tra 15 e 25 μ), di forma sferoidale o poliedrica e muniti di numerosi prolungamenti (fig. 237, *a*, *a'*). Furono posti in evidenza per il primo dal Vincenzi. Nel citoplasma di tali cellule si osservano molti neurosomi, irregolarmente disposti; le neurofibrille sono a rete e nelle sezioni del corpo cellulare la rete si mostra costituita da molti piani concentrici al nucleo; la sostanza cromatica forma granuli piccoli ma addensati, con un cappuccio cromatico (cfr. pg. 31) di solito bene manifesto; il pigmento è lipocromico e per lo più non produce un accumulo, ma è diffuso in tutto il citoplasma. Il nucleo di queste cellule è grosso (9-10 μ di diametro), centrale e sferico; il nucleolo è piccolo ma sempre bene manifesto. I dendriti, ramificandosi ampiamente,

costituiscono una sorta di canestro che da ogni lato circonda il corpo cellulare (fig. 237, *a'*). Nelle cellule superficiali (*a*) si osserva però che i dendriti possono sorgere solo dal lato del corpo cellulare che è volto verso la lamina olivare, mentre il lato che è volto verso la superficie di tale lamina ne rimane sprovvisto; in tal caso l'arborizzazione dendritica avviene tutta dal lato interno



Fig. 237 — Struttura del nucleo olivare inferiore (sezione trasversale semi-schematica di una piega della lamina olivare di un bambino). — *a*, *a*, cellule superficiali; *a'* *a'*, cellule profonde; *b*, arborizzazioni di fibre penetranti dal mantello dell'oliva; *c*, arborizzazioni di fibre penetranti dall'ilo.

del corpo cellulare. Il neurite è sottile ed origina per lo più dal corpo della cellula, talora da un grosso dendrite; con decorso molto tortuoso attraversa il nucleo olivare e durante il suo cammino emette una o due sottili collaterali, che si perdono nella lamina olivare (Vincenzi). I neuriti delle cellule olivari quasi in totalità escono dai nuclei olivari per mezzo dell'ilo (fig. 235, 237); solo alcuni (nell'uomo non sono ancora stati osservati, lo

furono invece nei mammiferi domestici) escono dalla superficie esterna della lamina olivare.

Tra le cellule suddette terminano numerose fibre che sono o neuriti o collaterali (fig. 237, *b, c*); per la maggior parte penetrano per l'ilo, parecchie però sono quelle che penetrano dalla periferia. Queste fibre, appena addentratesi nella sostanza grigia, si dividono in due o tre rami che repentinamente si espandono in una ricca arborizzazione, con diramazioni assai ondulate (fig. 237). In alcuni tratti la arborizzazione è molto densa, in altri più lassa; in ogni caso una sola arborizzazione è in rapporto con le espansioni dendritiche di 4-8 cellule nervose (Cajal).

I neuriti delle cellule olivari escono dall'ilo mescolati con le fibre che penetrano per esso; tutte insieme queste fibre costituiscono un fascio che ha il nome di *peduncolo dell'oliva* (fig. 235, 239).

La massima parte di tali neuriti va al cervelletto formando la *via olivo-cerebellare*, la parte minore discende nella midolla spinale producendo la *via olivo-midollare*.

La *via olivo-cerebellare* è formata quasi in totalità da fibre che s'incrociano nel rafe (fig. 238, *a*); esse dopo l'incrociamiento attraversano la metà opposta del mielencefalo, contribuendo così a formare le fibre arciformi interne (fig. 235, 239) e per lo più attraversano nel loro decorso il nucleo olivare ed i nuclei paraolivari di questa metà; salgono allora verso il corpo restiforme, penetrando nel quale volgono in alto e così, divenute fibre del corpo restiforme, vanno alla metà cerebellare del lato opposto (fig. 238, *a*). Alcuni autori ammettono che esistano anche fibre non incrociate, che vanno cioè al corpo restiforme del medesimo lato nel quale si trova il nucleo olivare che le ha prodotte. Durante il loro decorso le fibre olivo-cerebellari attraversano anche la zona grigia posteriore e la radice discendente del trigemino.

La *via olivo-midollare* va a costituire il fascio olivo-midollare (fig. 238, *b*), che abbiamo già studiato nella midolla spinale (cfr. a pg. 238). Il nome del fascio non ne indica con certezza il decorso, perchè non fu ancora osservata la continuità tra le fibre del fascio e le cellule olivari; è solo certo che la lesione del nucleo olivare si accompagna alla degenerazione del fascio.

Le fibre e le collaterali, che terminano nei nuclei olivari e nei nuclei paraolivari, in parte provengono dal diencefalo e precisamente da un nucleo che studieremo nelle pareti diencefaliche

col nome di talamo-ottico. Queste fibre (fig. 238, *e*) costituiscono per ciò il *tratto talamo-olivare*. La loro terminazione non è ben determinata; è certo che raggiungono il nucleo olivare dal suo polo superiore e si disperdono sulla superficie esterna di esso; non penetrerebbero quindi attraverso all'ilo. Un altro sistema di fibre che arrivano al nucleo olivare, sorge dalla midolla spinale e forma le *fibre*



Fig. 238 — Connessioni principali del nucleo olivare inferiore: schema (il mielencefalo si immagina veduto dalla faccia posteriore ed il cervelletto è stato asportato quasi in totalità). — *a*, fascio olivo-cerebellare; *b*, fascio olivo-midollare; *c*, fibre interolivari; *d*, corpo restiforme sezionato; *e*, fascio talamo-olivare.

midollo-olivari (pg. 253); oltre ad esse è poi da notare che i fasci midollo-cerebellari nell'attraversare il bulbo danno collaterali che vanno all'oliva (Cajal); le prime penetrano per l'ilo dell'oliva (Goldstein), le seconde invece penetrano dalla superficie esterna dell'organo (Cajal). Fibre afferenti dell'oliva secondo alcuni autori provengono pure dai nuclei dei fascicoli cuneati; in parte sono collaterali che originano dalle fibre bulbo-talamiche ancor prima che esse abbandonino il rispettivo nucleo, in parte sono neuriti

delle cellule di tali nuclei; le fibre in questione sono dirette cioè derivano dal nucleo del fascicolo cuneato dello stesso lato in cui è posto il nucleo olivare, oppure sono incrociate derivando dal lato opposto. Devo però far notare come altri autori sostengano che le fibre in questione non esistono e che quelle descritte per tali sono invece arciformi della via bulbo-cerebellare che per un errore di osservazione sembrano terminare nel nucleo olivare. Infine alcuni autori (Kölliker) ammettono l'esistenza di *fibre cerebello-olivari*, che avrebbero decorso opposto alle fibre olivo-cerebellari sopra descritte. Pare che vi siano anche *fibre interolivari*, che sarebbero vere vie commessurali tra le due olive (fig. 238, c).

I nuclei paraolivari assomigliano per la struttura agli olivari; è quindi probabile che abbiano le medesime connessioni.

Tanto in questi nuclei che negli olivari si trovano molte cellule di nevroglia, le quali sono lunghiraggiate nelle parti superficiali della sostanza grigia e breviraggiate nelle zone interne (Weigert).

c) Nuclei del rafe — Nel rafe e nella formazione reticolare bianca che si trova subito lateralmente ad esso (cfr. a pg. 387) sono contenute cellule funicolari, in alcuni punti così numerose da costituire speciali nuclei che comprendiamo sotto il nome di *nuclei del rafe* (fig. 239, g); essi mancano nella midolla spinale e per ciò devono venire descritti tra le formazioni grigie proprie al mielencefalo.

I nuclei del rafe appaiono molto diversi a seconda delle sezioni del bulbo e sono anche diversi nei vari individui; la descrizione che segue si riferisce a quella disposizione che ho trovato con maggiore frequenza e che per ciò considero come tipica. In corrispondenza del polo inferiore di ogni nucleo olivare si trova un piccolo nucleo situato nella zona interolivare, subito dietro alle piramidi, lateralmente al rafe; lo chiamo *nucleo anteriore del rafe*. Esso ha sezione cilindroide e come una colonnina si prolunga fino alla metà circa del nucleo olivare, diventando sempre più grosso a misura che sale; termina bruscamente. Poco prima di terminare invia due espansioni laminari costituite da poche cellule sparse, una delle quali è laterale e si insinua dietro alla rispettiva piramide, l'altra invece si dirige sagittalmente in dietro subito di lato al rafe; chiameremo

quindi *processo retropiramidale* del nucleo anteriore del rafe la prima espansione e *processo parasagittale* la seconda. Dopo la scomparsa del nucleo anteriore i processi si conservano bene manifesti ed andando in alto aumentano di dimensioni, nel mentre che le cellule nervose nel loro interno si fanno più dense; per ciò si trasformano in nuclei del rafe che chiameremo *nucleo retropiramidale* e *nucleo parasagittale*. Il primo, del quale già fa-



Fig. 239 — Sezione trasversale del mielencefalo alla metà del ventricolo; a destra sono rappresentati solo i nuclei. — *a*, plesso corioideo mediano; *b*, tenia mielencefalica; *c*, angolo del ventricolo *V*; *d*, nucleo ambiguo; *e*, nucleo del fascio laterale; *f*, nucleo reticolare; *g*, nuclei del rafe; *h*, nucleo arcuato; *ac*, nucleo del nervo acustico (vestibolare); *tr*, nucleo della radice discendente del trigemino; *v*, nucleo del vago motore somatico.

cemmo menzione a pg. 379, si conserva fino a livello del terzo superiore del nucleo olivare inferiore; è attraversato da fibre arciformi interne ed alcune sembra che si interrompano in esso; pare congiunto ai nuclei arcuati del medesimo lato per mezzo di fibre le quali attraversano radialmente la rispettiva piramide. Il nucleo parasagittale si frammenta nella sua estremità superiore, dando origine a tre o più nuclei minori, sempre situati lateral-

mente al rafe, che si continuano coi nuclei del rafe che troveremo nel ponte.

Tutti i nuclei del rafe non sono mai costituiti da cellule così fitte come quelli della formazione reticolare grigia; le loro cellule hanno media grossezza (il diametro varia da 25 a 40 μ) e forma poligonale; sono munite di dendriti ordinariamente lunghi e poco ramificati e di un neurite tortuoso che si perde nel rafe o nella sostanza bianca circostante. Forma simile hanno le cellule sparse tra i nuclei del rafe.

Riguardo alle connessioni dei predetti elementi è da osservare che i neuriti nel nucleo parasagittale sono stati veduti spingersi in basso fino nella parte inferiore del bulbo ed in alto fino nel ponte (Kohnstamm). Attraverso al rafe i dendriti di un nucleo si spingono poi nel nucleo dell'altro lato.

II - Struttura della sostanza bianca.

La sostanza bianca della midolla allungata ha fondamentalmente la medesima struttura di quella della midolla spinale.

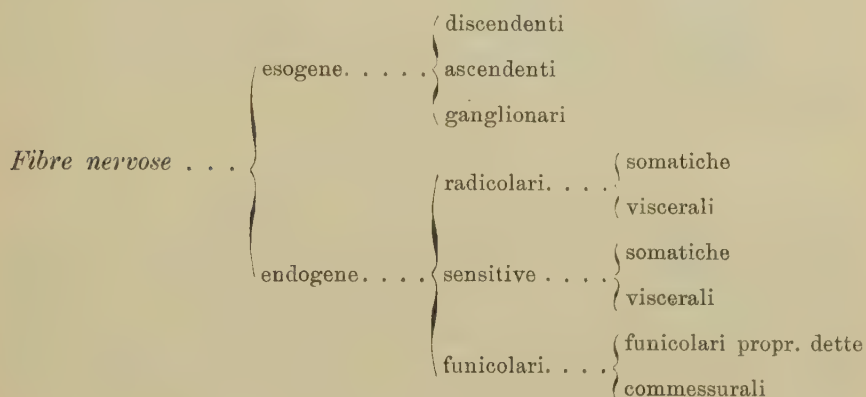
Le fibre nervose assomigliano per forma, dimensioni e struttura alle midollari; si distinguono solo per la maggior copia delle trasversali e delle oblique e per il grande numero di fibre amieliniche.

Le *cellule nervose* sono molto più numerose perchè nel mielencefalo ha grande sviluppo la formazione reticolare (cfr. a pg. 393); abbiamo già veduto (pg. 430) che appartengono a varie specie e che possono costituire speciali nuclei (nucleo ambiguo, nucleo del fascio laterale, nucleo gigantocellulare, nuclei del rafe).

Il *tessuto gliale* è più sviluppato di quello che si ha nella sostanza bianca midollare, tranne che in alcuni luoghi nei quali le fibre nervose costituiscono fasci compatti. I vasi sanguiferi che penetrano nella sostanza bianca, presentano anche nel mielencefalo una guaina gliale.

Le fibre nervose del mielencefalo si distinguono, come le midollari, in *fibre esogene* ed in *fibre endogene*. Divideremo le prime in *discendenti*, in *ascendenti* ed in *ganglionari*: le fibre esogene discendenti originano negli altri segmenti dell'encefalo e discendono al mielencefalo; le fibre esogene ascendenti originano nella midolla spinale e salgono nel mielencefalo (le abbiamo quindi

descritte nella midolla spinale come fibre endogene): le fibre ganglionari originano nei gangli dei nervi sensitivi del mielencefalo e penetrano in esso per mezzo di questi nervi. Le fibre endogene si distinguono in *radicolari*, in *sensitive* ed in *funicolari propriamente dette*, e si suddividono secondo le specie di cellule dalle quali provengono (cfr. a pg. 414 e segg.); per conseguenza si dividono presso a poco come le midollari (cfr. a pg. 224-225). Riassumendo, la sostanza bianca del mielencefalo contiene le seguenti fibre:



Come nella midolla spinale (pg. 225), così nel mielencefalo le fibre che provengono da cellule di una stessa specie costituiscono un fascio nervoso; anche nel mielencefalo i fasci non hanno generalmente contorni ben netti, tranne alcuni appartenenti alle radici dei nervi. La legge della posizione eccentrica delle vie lunghe più non si avvera.

Similmente a quello che abbiamo constatato nello studio della midolla spinale (pg. 226), così pure in quello del mielencefalo l'anatomia comparata ha portato profonde modificazioni nelle conoscenze che si avevano fino a pochi anni or sono intorno ai fasci nervosi; e sopra tutto le indagini fatte nei vertebrati più bassi (ciclostomi, selaci) hanno permesso di individualizzare e di seguire in tutto il loro cammino fasci intorno ai quali regnava una grande confusione.

Premesse queste generalità, veniamo allora allo studio sistematico della sostanza bianca del mielencefalo ed incominciamo dai fasci esogeni.

A. Fasci esogeni discendenti.

Discendono nel mielencefalo fibre dal telencefalo, dal diencefalo, dal mesencefalo e dal metencefalo: dovremo quindi esaminare una *via telencefalo-bulbare*, una *via diencefalo-bulbare*, una *via mesencefalo-bulbare* ed una *via metencefalo-bulbare*. In generale le fibre di queste vie sono mescolate con vie midollari e per ciò la loro porzione principale discende nella midolla spinale, ove va a formare i fasci midollari esogeni di origine encefalica che già conosciamo (cfr. a pg. 226 e segg.). Per conseguenza non si potranno comprendere i fasci del mielencefalo se non si conoscono bene quelli della midolla spinale.

a) Via telencefalo-bulbare.

La via telencefalo-bulbare è formata dalle *fibre cortico-midollari*, che abbiamo veduto discendere dalla corteccia cerebrale alle cellule radicolari della midolla spinale (pg. 227) e da *fibre cortico-bulbari*, che hanno la stessa origine delle precedenti ma terminano nel bulbo. Tutte queste fibre sono *fibre piramidali*, perchè col nome di *via piramidale* si intende il complesso delle fibre che da una determinata zona della corteccia cerebrale (zona motrice) discendono alle cellule radicolari di tutto il sistema nervoso centrale (cfr. pg. 227).

Le fibre piramidali penetrano nel mielencefalo dalla sua estremità superiore e formano due grossi fasci, *fasci piramidali*, situati uno per ogni lato della fessura mielencefalica (fig. 235, P; fig. 234, l); mantenendosi sempre vicini alla faccia anteriore del mielencefalo, lo percorrono in tutta la sua lunghezza ed in prossimità del limite inferiore si incrociano parzialmente e penetrano nella midolla spinale. I fasci piramidali determinano quelle sporgenze che abbiamo descritto (pg. 366) nella faccia anteriore del bulbo col nome di piramidi. Sono ricoperti da uno strato più o meno grosso di fibre a decorso trasversale, cioè dalle fibre arciformi esterne (fig. 234, 235, 236); in mezzo a tali fibre si trovano i nuclei prepontini e gli arcuati (pg. 378-379).

Alla loro penetrazione dal ponte del Varolio nel mielencefalo i fasci piramidali sono cilindroidi, leggermente schiacciati dall'innanzi all'indietro (fig. 235); hanno il diametro trasverso di circa 5 mm.

ed il sagittale di circa 4 mm. Conservandosi molto compatti (e per ciò nelle sezioni trasversali appaiono macroscopicamente come cordoni bianchi), diminuiscono leggermente di volume a misura che vanno in basso e subito sopra all'incrociamiento delle piramidi (fig. 234, *l*), cioè circa 6 mm. sopra al limite inferiore del mielencefalo, il loro diametro trasversale è di 4 mm. ed il sagittale di 3.5 mm. Questa diminuzione di volume dipende dal fatto che le fibre piramidali diminuiscono di numero a misura che discendono in basso, perchè parecchie di esse, e cioè le fibre cortico-bulbari, terminano nel bulbo. Non si può pensare che la diminuzione di volume dei fasci piramidali sia determinata dal divenire più stipate o dal diminuire di volume delle singole fibre perchè confrontando il calibro delle fibre alle due estremità del mielencefalo e contando quante ve ne sono in media per 1 mm² di superficie non si notano differenze sensibili.

Non è possibile distinguere quali delle fibre piramidali siano cortico-midollari e quali cortico-bulbari; è probabile che le ultime predominino nella parte posteriore del fascio piramidale, perchè i nuclei motori, a cui le fibre suddette si distribuiscono, sono situati per la massima parte nella zona grigia centrale e quindi dietro ai fasci piramidali.

Le fibre cortico midollari nella porzione inferiore del bulbo si incrociano parzialmente per formare i fasci cortico-midollari diretti e cortico-midollari incrociati; questo parziale incrociamiento, che molte volte abbiamo dovuto menzionare, ha il nome di *incrociamiento delle piramidi* (fig. 215, *c*). Esso non avviene in un solo piano trasversale, ma occupa un certo tratto della lunghezza del mielencefalo; in media è alto 6 mm. Lo si vede anche dall'esterno e per ciò serve per determinare il limite tra midolla spinale e mielencefalo (pg. 141). L'incrociamiento delle piramidi avviene nel modo seguente (fig. 240); una parte (*c*) delle fibre piramidali (*a*), che occupa la porzione anteriore del fascio, discende dal mielencefalo nella midolla spinale, conservandosi ai lati della fessura midollare, e va a costituire il fascio cortico-midollare diretto: una parte (*d*) delle fibre suddette (*a*), che forma la porzione posteriore del fascio, volge obliqua in dietro, medialmente ed in basso, ed attraversato il rafe va a situarsi nel cordone laterale della midolla spinale, diventando il fascio cortico-midollare incrociato; infine una piccola parte (*e*) delle fibre piramidali, che (a quanto sembra) occupa la porzione più late-

rale del fascio, si dirige obliqua in dietro, in basso ed un poco lateralmente e contribuisce a costituire il fascio cortico-midollare incrociato (*d*) dello stesso lato. Quindi quest'ultimo fascio contiene mescolate insieme fibre dirette e fibre incrociate; queste prevalgono sulle precedenti (fig. 240).

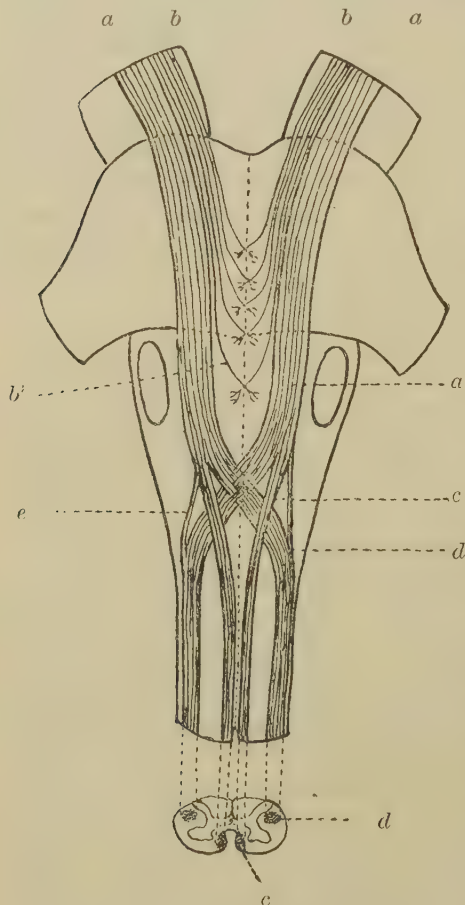


Fig. 240 — Incrocciamento dei fasci piramidali (Schema). — *a, a*, fascio cortico-midollare; *b, b'*, fascio cortico-bulbare; *c, c*, fascio cortico-midollare diretto; *d, d*, fascio cortico-midollare incrociato; *e*, sua porzione non incrociata.

Il numero delle fibre che vanno nel fascio cortico-midollare diretto e nell'incrociato varia molto nei vari individui; in generale il 90 % circa delle fibre piramidali passa nel fascio incrociato (91-97 % secondo il Flechsig) ed il 10 % circa (3-9 % secondo l'autore ora citato) va nel fascio diretto. In parecchi casi (circa il 25 %) l'incrocciamento delle piramidi presenta notevoli differenze dalla disposizione normale. Spesso (11 %) tutte le fibre dei fasci piramidali si incrociano e per ciò mancano completamente i fasci cortico-midollari diretti, mentre sono molto grossi gli incrociati; l'incrocciamento totale può interessare talvolta le fibre piramidali di un solo lato ed allora si hanno nella midolla spinale tre fasci, uno diretto e due incrociati. Talvolta le fibre dirette prevalgono sulle incrociate e si sono veduti casi nei quali 9/10 delle fibre piramidali passavano dirette nella midolla spinale; allora i cordoni an-

teriori della midolla hanno grandi dimensioni. Infine fu osservata la mancanza totale dell'incrocciamento delle piramidi (Charcot

e Pitres); essa è molto rara, mentre meno rara si presenta la mancanza unilaterale dell'incrociamiento. La mancanza totale o parziale dell'incrociamiento è accompagnata non dalla scomparsa, ma solo dalla grande riduzione dei fasci o del fascio cortico-midollare incrociato; e ciò dipende dal fatto che questo fascio contiene anche normalmente fibre dirette.

Il fascio cortico-midollare incrociato passa tra le zone grigie anteriori e la zona grigia centrale (fig. 215), e poichè le prime si continuano con le colonne anteriori, si afferma da molti che l'incrociamiento delle piramidi « decapita le colonne anteriori. » Questa locuzione è però molto fantastica.

Abbiamo veduto (cfr. a pg. 229) che le fibre cortico-midollari dirette si pongono in rapporto con le cellule radicolari delle colonne anteriori del lato opposto della midolla spinale e che le fibre cortico-midollari incrociate terminano attorno alle cellule radicolari del medesimo lato; per ciò le fibre che si trovano nel fascio piramidale destro del bulbo terminano nella metà sinistra della midolla spinale, perchè o si incrociano in corrispondenza dell'incrociamiento piramidale o si incrociano lungo la commessura bianca anteriore, e parimenti le fibre piramidali della metà sinistra del bulbo terminano nella metà destra della midolla. Come si comportano le fibre cortico-bulbari (fig. 240, *b*)? Sebbene non vi siano osservazioni anatomiche dirette, si deve tuttavia ammettere che esse vadano a terminare nei nuclei motori della metà opposta e che quindi si incrocino nel rafe (fig. 240, *b'*); lo dimostrano le alterazioni motorie conseguenti alle lesioni sopramielencefaliche della via piramidale. Come per le fibre midollari, così anche per le mielencefaliche non sappiamo ancora se le fibre piramidali si pongano in rapporto diretto od indiretto con le cellule radicolari (cfr. a pg. 229).

Vedremo meglio nello studiare il cervello che le fibre piramidali nelle parti superiori dell'asse encefalico sono disposte secondo un certo ordine che corrisponde alle aree corticali della loro origine ed alle loro terminazioni nei muscoli; vedremo ad es. che le fibre piramidali che vanno agli arti inferiori sono raccolte in un determinato gruppo, che così fanno quelle destinate ad innervare con l'interposizione di cellule radicolari gli arti superiori, ecc. Chiamasi *sistematizzazione delle vie piramidali* questo aggruppamento di fibre. È dubbio se nelle piramidi bulbari si conservi una tale sistematizzazione; parecchi autori (Hällström,

Fabritius, Gad e Flatau, ecc.) asseriscono che essa è conservata, mentre altri (Hoche, Gierlich, Sherrington, Mellus, ecc.) sostengono che nel bulbo le fibre piramidali sono mescolate senza alcun ordine.

Nel mielencefalo si osservano talvolta dei *fascicoli piramidali aberranti*; sono costituiti da fibre piramidali (non si sa se da fibre cortico-bulbari o da cortico-midollari o da entrambe) e possono essere unilaterali o bilaterali. La forma più semplice è quella di un fascetto di fibre piramidali che per un certo tratto del loro cammino sono separate dal resto della via piramidale per mezzo di un gruppo di fibre arciformi, ma poi tornano ad unirsi alla via piramidale. Però i fascicoli aberranti una volta staccatisi dalla via piramidale, possono anche mantenersene distinti e trovarsi quindi lontani dal fascio piramidale. Si separano dalla via piramidale talvolta nel bulbo e talvolta anche nel ponte; terminano a varia altezza e non di rado si possono seguire fino nella porzione cervicale della midolla spinale. Il loro significato di vie piramidali aberranti è dimostrato anche da osservazioni anatomo-patologiche, perchè furono visti degenerare in seguito a lesioni cerebrali che avevano fatto degenerare la via piramidale dello stesso lato.

Il fascicolo piramidale aberrante meglio noto è il *fascicolo di Henle-Pick* (1); esso è posto nella formazione reticolare grigia, antero-medialmente al nucleo della radice discendente del trigemino (fig. 234, r), ha forma cilindrica e nei preparati fatti col metodo del Weigert risalta subito tra le altre fibre longitudinali della formazione reticolare per la intensa colorazione, per il cospicuo calibro e per la compattezza delle fibre. Talvolta il fascicolo è unico, talvolta è diviso in vari fascetti vicini l'uno all'altro (fig. 234 r). Si stacca dal fascio piramidale ora nel ponte, ora nel terzo superiore del bulbo ed ora più in basso; raramente i fascicoli dei due lati sono uguali per calibro e simmetrici; di solito se ne trova uno solo. I fascicoli di Henle-Pick furono veduti incrociarsi nel rafe bulbare subito dopo la loro origine; non è certo però se siano sempre incrociati e se siano formati di una sola specie di fibre pirami-

(1) Scoperto dal Henle (1871), venne poi descritto accuratamente dal Pick (1839), onde il suo nome. La dipendenza dalla via piramidale fu stabilita dal Hoche (1898). Sinonimia: *fascicolo del Pick*, *fascicolo aberrante del Pick*, *fascio piramidale aberrante*.

dali o da fibre incrociate e dirette mescolate insieme. Talvolta i fascicoli sembrano aver decorso ricorrente, salire cioè nel bulbo invece di discendere; altra volta sembrano dirigersi trasversalmente verso i corpi restiformi. Questi strani decorsi si spiegano col fatto che sotto il nome di fascicoli di Henle-Pick vennero spesso descritti sistemi aberranti di fibre che non appartengono alla categoria delle fibre piramidali; così vennero descritti fasci aberranti delle vie midollo-cerebellari, delle vie bulbo-talamiche, ecc. Il nome di fascicoli di Henle-Pick dovrebbe invece venire usato solo per le vie piramidali aberranti situate nel modo sopra descritto.

Si possono avere fascicoli piramidali aberranti anche in altre zone del bulbo. Così il Bumke (1905-1907) ne ha osservato uno che decorreva nel cordone posteriore e sotto all'incrociamiento piramidale passava nella midolla spinale; attraversato allora il collo della rispettiva colonna posteriore, penetrava nel cordone laterale mescolandosi col fascio piramidale incrociato. Ne furono veduti pure nella formazione reticolare bianca, subito ai lati del rafe (1); talvolta le fibre piramidali aberranti dapprima decorrono trasversalmente nello strato grigio corticale comportandosi come fibre arciformi esterne e poi, giunte nelle faccie laterali del bulbo, volgono in basso decorrendo sempre superficiali e possono discendere per lungo tratto nella midolla spinale (2) (Spiller, Amabilino, Bumke, Dejerine, ecc).

Uno speciale fascicolo piramidale aberrante è il *fascicolo pontino laterale* che si distacca dalla via piramidale nel mesencefalo e che, attraversando il ponte, viene a terminare nel nucleo dell'ipoglosso; di tale fascicolo verrà trattato descrivendo il ponte.

b) ~ Via diencefalo-bulbare.

È costituita dalle *fibre talamo-midollari*, che attraversano semplicemente il mielencefalo per discendere nella midolla spinale, ove le abbiamo già studiate, e dalle *fibre talamo-olivari*, che vanno nell'oliva bulbare.

(1) « Fascicoli aberranti bulbo-protuberanziali della via peduncolare a tragitto fascicolato, discendenti nello strato interolivare »: Dejerine e Jumentié (1910).

(2) Nomenclatura: *Fibre piramidali omolaterali superficiali* (Dejerine 1910), *fibre aberranti bulbari superficiali* (Déjerine, 1904), *fascicolo piramidale accessorio* (Probst).

Le *fibre talamo-midollari* (fig. 241, 6) attraversano il bulbo essendo sparse in mezzo alle fibre della formazione reticolare, dietro alle olive e davanti ai corpi restiformi. La medesima oscurità che regna intorno al loro decorso nella midolla spinale, si ha pure per quello nel bulbo.

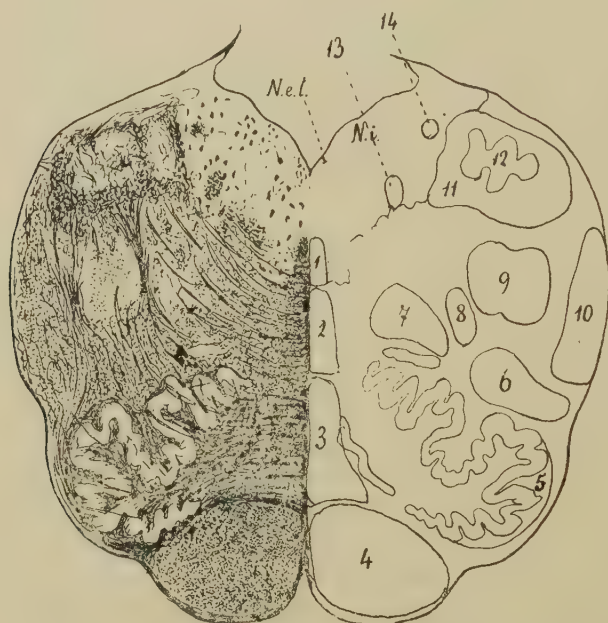


Fig. 241 — Topografia dei principali fasci della midolla allungata (sezione trasversale fatta tra il terzo inferiore ed i due terzi superiori del ventricolo mielencefalico; uomo di 39 anni). — 1, fascicolo longitudinale posteriore; 2, fibre tetto-bulbari e tetto-midollari; 3, fascio bulbo-talamico; 4, fascio cortico-bulbare e cortico-midollare (fascio piramidale); 5, fascio olivo-midollare; 6, fibre talamo-midollari, midollo-talamiche, midollo-tettali e tetto-bulbari; 7, fascio rubro-midollare; 8, fascio vestibolo-midollare; 9, radice discendente del trigemino e suo nucleo; 10, fasci midollo-cerebellari; 11, fascio gracile e cuneato; 12, nuclei dei fasci gracile e cuneato; 13, fascio solitario; 14, radice discendente del nervo vestibolare; *N.i.*, nucleo intercalato; *N.e.t.*, nucleo dell'eminenza terete.

Le *fibre talamo-olivari* furono già menzionate nel descrivere le connessioni dell'oliva (pg. 445). Esse originano da nuclei situati nelle pareti del diencefalo (probabilmente dai talami ottici) ed attraversando il mesencefalo ed il metencefalo discendono fino all'olive mielencefaliche (fig. 238, e). Nel mielencefalo non costituiscono un fascio compatto come nei segmenti encefalici superiori ove formano

il *fascio talamo-olivare* ⁽¹⁾ (fig. 242). Raggiungono il nucleo olivare in corrispondenza del suo polo superiore, essendogli situate un po' posteriormente ed allora si sfioccano circondandolo da ogni lato, ma conservandosi per la massima parte nel mantello dell'oliva (fig. 242). A misura che discendono nel bulbo, le fibre si fanno meno numerose e ciò è in rapporto col fatto che gradatamente terminano nel nucleo olivare. Alcuni autori sono in dubbio se le fibre originino o terminino nel talamo ottico: però, siccome le indagini anatomico-comparative (Sterzi, 1909) concordano coi risultati delle degenerazioni patologiche nell'uomo (Collier, Buzzard, Herzog), io sono di avviso che le fibre suddette originino nel talamo.

c) - Via
mesencefalo-bulbare

È formata dai medesimi sistemi della via mesencefalo-midollare (cfr. a pg. 233).

(1) Sinonimia: *Fascio centrale della cuffia* del Bechterew, *fascio della callotta*; questi nomi ne indicano il decorso nel mesencefalo, ove si trova nella *callotta* o *cuffia* mesencefalica.

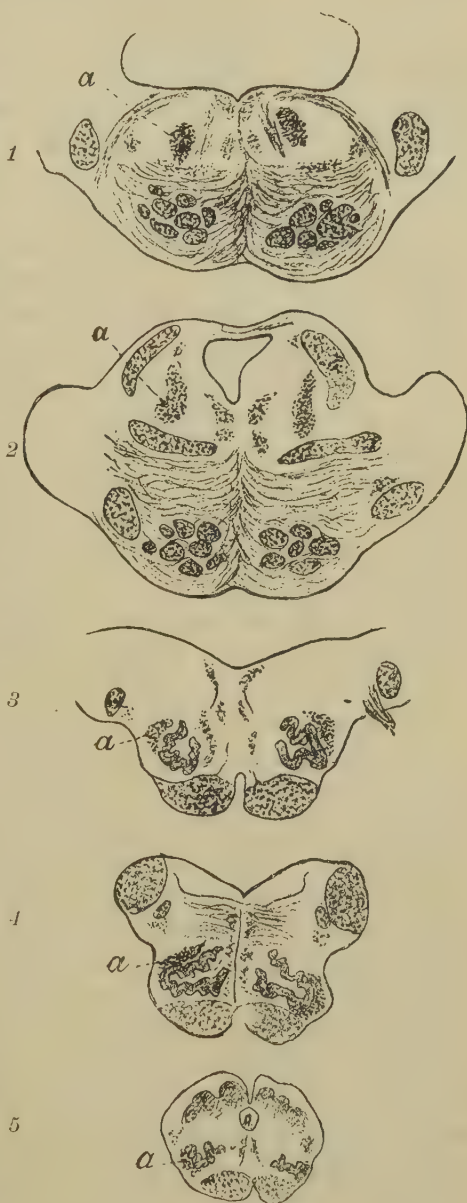


Fig. 242 — Topografia del fascio talamo-olivare *a*, *a*, nel ponte (1 - 2) e nel bulbo (3 - 5), posta in evidenza in seguito a degenerazione prodotta da un tumore mesencefalico (caso illustrato dal Collier e dal Buzzard).

1) Il *fascio rubro-midollare* ⁽¹⁾ (fig. 241, 7) è situato nella parte laterale della sostanza reticolare grigia, davanti alla corrispondente zona grigia posteriore che costituisce il nucleo della radice discendente del trigemino (9) e dietro al nucleo olivare inferiore; sotto a questo nucleo il fascio si continua verticale verso il cordone laterale della midolla spinale (fig. 234, q) e si trova per ciò tra la zona grigia anteriore e la corrispondente zona grigia posteriore, subito all'esterno dell'incrociamiento delle fibre cortico-midollari. Come nella midolla spinale, così nel bulbo le sue fibre non costituiscono un fascio compatto, ma sono confuse con quelle del fascio tetto-midollare. In parte esse terminano nel bulbo e meritano il nome di *fibre rubro-bulbari*; queste, secondo qualche autore (Brun), costituiscono la massima parte delle fibre del fascio, mentre quelle che discendono nella midolla spinale sono le più scarse. Come è sconosciuta la terminazione delle fibre midollari del fascio, così lo è pure quella delle fibre bulbari; è probabile che almeno una porzione di esse vada ai nuclei motori del bulbo, ma non sappiamo se vi si distribuiscano direttamente o con l'interposizione di altri nuclei; secondo vedute recenti (Probst, Monakow) il fascio si distribuisce parzialmente al nucleo del fascio laterale (cfr. a pg. 431).

Il Monakow (1910) asserisce che il fascio rubro-midollare nel bulbo non è formato solo da fibre originate nel nucleo rosso, ma anche da fibre di altra natura (fibre midollo-talamiche e fibre midollo-cerebellari anteriori); per ciò sarebbe un fascio misto.

2) Il *fascicolo longitudinale posteriore* (fig. 241, 1) è uno tra i fasci più facilmente riconoscibili del mielencefalo. Esso è situato subito ai lati del rafe nella parte posteriore della sostanza reticolare bianca ed ha forma prismatica triangolare con spigoli arrotondati; uno di essi è volto posteriormente e si insinua nel nucleo dell'ipoglosso fra il rafe che gli è mediale ed il nucleo accessorio dell'ipoglosso che gli sta lateralmente (fig. 241). Quando termina il nucleo dell'ipoglosso ed incomincia l'incrociamiento delle piramidi, le fibre del fascicolo longitudinale posteriore non vengono menomamente deviate dal predetto incrociamiento, ma decorrono verticali verso il cordone anteriore della midolla spi-

(1) Alla pg. 234 ho indicato la sinonimia di questo fascio; la sua porzione bulbare ha poi avuto anche altre denominazioni, come ad es. *fibre parapyramidali*, *fascio mesencefalo-spinale laterale* (Dejerine.)

nale, ove le abbiamo già descritte (cfr. a pg. 235). Però in questo ultimo tratto del loro cammino vengono suddivise in molti fascetti sparsi tra le fibre cortico-midollari e non costituiscono più un fascio compatto, come fanno sopra all'incrocciamento delle piramidi, ove sono interrotte solo da alcuni gruppi di fibre arciformi interne. Il grosso calibro delle fibre e la loro cospicua guaina mielinica fanno sì che esse si colorino più intensamente delle circostanti fibre della sostanza bianca (fig. 241, 1).

Nel mielencefalo il fascicolo longitudinale posteriore mostra più ancora che nella midolla spinale la sua complicata struttura; le degenerazioni provano infatti che esso qui contiene fibre discendenti e fibre ascendenti (Spitzer). Tra le prime si hanno le fibre proprie del fascicolo, quelle cioè che sorgono dall'omonimo nucleo mesencefalico (cfr. a pg. 235 e fig. 243, *a*) e che attraverso al mielencefalo discendono nella midolla spinale (fig. 243, *e*); non sappiamo se i nuclei motori del bulbo siano connessi a tali fibre come probabilmente lo sono le cellule radicolari della midolla. A queste fibre discendenti se ne aggiungono altre che meritano il nome di *fibre vestibolari del fascicolo longitudinale posteriore* (fig. 243); infatti dai nuclei vestibolari accessori (*f*) che abbiamo studiato con la zona grigia centrale (cfr. pg. 420), originano fibre che decorrono trasversal-

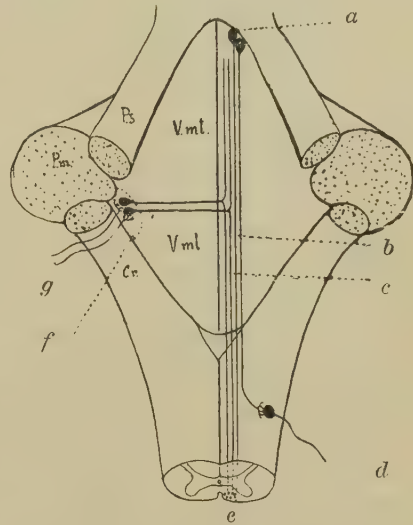


Fig. 243 — Il fascicolo longitudinale posteriore nel bulbo. (Schema in cui il bulbo s'immagina veduto dalla faccia posteriore). — *a*, nucleo mesencefalico del fascicolo; *b*, fibre proprie del fascicolo; *c*, fibre vestibolari; *d*, nervo motore del bulbo; *e*, situazione del fascicolo nella midolla spinale; *f*, nucleo vestibolare laterale; *g*, nervo vestibolare; *Cr*, corpo restiforme; *Pm*, peduncolo cerebellare medio e *Ps*, peduncolo cerebellare superiore sezionati al loro penetrare nel cervelletto; *V.m.l.*, ventricolo mielencefalico; *V.m.t.*, ventricolo metencefalico.

mente, avendo i caratteri di fibre arciformi interne, si incrociano nel rafe e giunte nell'area occupata dal fascicolo del lato opposto si dividono a T in un ramo ascendente ed in uno discendente (fig. 243). I rami discendenti attraversano tutto il mielencefalo e di-

scendono nella midolla spinale mescolati con le fibre proprie; però tra essi ve ne sono alcuni che terminano nel mielencefalo distribuendosi nei nuclei dell'ipoglosso e dello spinale; è dubbio se alcune fibre terminino anche ai nuclei motori del vago. Nello studiare la origine reale del nervo vestibolare torneremo su queste fibre discendenti dei nuclei vestibolari laterale e posteriore e ne comprenderemo la grandissima importanza. Sembra che anche nell'uomo le fibre proprie siano situate anteriormente alle vestibolari, come nei selaci (Sterzi, 1909).

Le fibre ascendenti del fascicolo longitudinale posteriore nei vertebrati superiori e nell'uomo non sono ancora bene studiate; invece nei cranioti inferiori, nei quali il fascicolo ha dimensioni relativamente molto più grandi di quelle che presenta nei mammiferi, tali fibre sono bene chiare (ad es. nei selaci: Sterzi, 1909) e per lo più sono fibre che pongono in relazione quei nuclei dei nervi mielencefalici che provvedono a movimenti coordinati con nuclei di nervi mesencefalici (p. es. il nucleo del n. oculomotore comune col nucleo dell'abducente e con quello del facciale). È probabile che fibre di tale natura si abbiano anche nel fascicolo longitudinale posteriore dell'uomo e qualche autore non esita ad ammetterle come dimostrate.

Secondo il Flechsigg (1911) tra le fibre ascendenti ve ne sono di sensitive, provenienti dal nucleo della radice discendente del trigemino; queste salgono lungo il fascicolo longitudinale posteriore fino al talamo ottico.

3) Le *fibre tetto-bulbari* insieme alle fibre tetto-midollari (cfr. a pg. 235) discendono dal mesencefalo nel mielencefalo essendo distinte in due gruppi, cioè nelle *fibre tetto-bulbari mediali* (fig. 241, 2) e nelle *fibre tetto-bulbari laterali* (6); per ciò nel mielencefalo troviamo ben chiara quella divisione intorno alla quale facemmo le nostre riserve per la midolla spinale (cfr. a pg. 236).

Le fibre tetto-bulbari mediali, mescolate con le tetto-midollari, costituiscono un fascio (fig. 241, 2) situato subito al davanti del fascicolo longitudinale posteriore (1), col quale è confuso, e subito lateralmente al rafe; come il fascicolo ora ricordato, questo fascio attraversa l'incrocciamento delle piramidi senza deviare e così viene a trovarsi nel cordone anteriore della mi-

(1) Per ciò ha avuto anche il nome di *fascicolo predorsale* (prä dorsales Bündel dello Tschermak).

dolla spinale. Le fibre arciformi interne lo suddividono in vari fasci minori. Riguardo alla terminazione delle fibre tetto-bulbari mediali le notizie che abbiamo non sono concordi; pare però certo che si tratti di vie motrici, che terminano cioè ponendosi in rapporto con cellule radicolari somatiche (1).

Le fibre tetto-bulbari laterali decorrono presso alla faccia laterale del bulbo mescolate insieme a fibre ascendenti dai cordoni laterali della midolla spinale, cioè alle fibre midollo-talamiche ed alle fibre midollo-tettali (fig. 241, 6). Non costituiscono quindi un fascio come fanno le mediali. Sono tra esse delle fibre tetto-midollari? È dubbio; alcuni autori (E d i n g e r, O b e r s t e i n e r) lo ammettono basandosi sui dati forniti dall'anatomia comparata.

d) Via metencefalo-bulbare

Il metencefalo è costituito da due porzioni, che studieremo nel prossimo capitolo, cioè dal ponte anteriormente e dal cervelletto posteriormente; ora ho voluto solo ricordare questo fatto per avvertire che le vie metencefalo-mielencefaliche si devono distinguere in una *via ponto-bulbare* ed in una *via cerebello-bulbare*. La prima via attraversa la midolla allungata che, come sappiamo, si continua col ponte; la seconda passa invece per i corpi restiformi, che salgono dalla midolla allungata al cervelletto e che per conseguenza si chiamano anche peduncoli cerebellari inferiori; ma su ciò ci siamo a suo tempo dilungati (cfr. a pg. 370).

La *via ponto-bulbare* non è rappresentata da fasci più o meno compatti, ma da fibre sparse in mezzo alla formazione reticolare; appartengono al tipo delle fibre funicolari, perchè hanno l'ufficio di porre in rapporto la sostanza grigia del ponte con quella della midolla allungata. Tra esse decorrono le *fibre reticolo-midollari*, che, come sappiamo (pg. 236), discendono alla midolla spinale. Dal ponte passano poi anche nel bulbo *fibre vestibolari* e le *fibre della radice discendente del trigemino* perchè i nuclei a cui vengono a terminare il nervo dell'equilibrio (nervo vestibolare) ed il trigemino sono situati in parte nel ponte ed in

(1) Ritengono alcuni (E. L e v i, V a n G e h u c h t e n, P a v l o w) che esse terminino tutte nei nuclei motori del bulbo e non discendano nella midolla spinale, ove si continuerebbero le sole vie tetto-bulbari laterali.

parte nella midolla allungata (fig. 226); e per ciò tra le fibre che discendono dal ponte dobbiamo ricordare anche queste, e e su di esse torneremo più a proposito nello studiare le fibre endogene di origine ganglionare.

La *via cerebello-bulbare* è assai complicata e non ancora ben nota; la formano tre sistemi di fibre e cioè *fibre cerebello-olivari*,

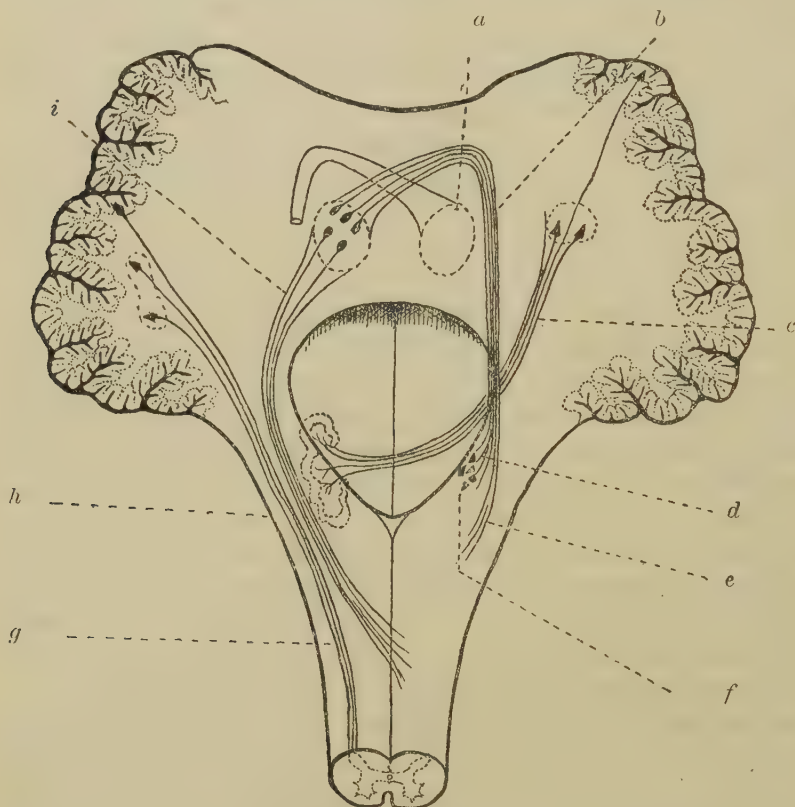


Fig. 244 — La via cerebello-bulbare (Schema). — *a*, nuclei del tetto; *b*, *e*, fibre cerebello-tegmentali del bulbo incrociate; *c*, fibre cerebello-olivari; *d*, fibre cerebello-vestibolari; *f*, nucleo vestibolare laterale; *g*, fibre cerebello-midollari; *h*, corpo restiforme; *i*, fibre cerebello-tegmentali del bulbo dirette.

fibre cerebello-tegmentali del bulbo e fibre cerebello-midollari; tutte queste fibre non formano fasci, ma decorrono sparse tra le fibre dei fasci midollo-cerebellari (fig. 241).

Le *fibre cerebello-olivari* (fig. 244, *c*) furono già ricordate nel descrivere la struttura delle olive (pg. 446); nell'uomo sono poco

note e le notizie che se ne danno, si riferiscono specialmente alle indagini fatte in mammiferi domestici. Queste fibre, dato che esistano, devono essere molto scarse; originerebbero dalla corteccia cerebellare o dai nuclei interni del cervelletto (non si sa ancora se da quella o da questi o da entrambi) e per mezzo dei peduncoli cerebellari inferiori discenderebbero nel bulbo; non costituiscono un fascio compatto ma sono sparse tra le fibre olivo-cerebellari che hanno decorso opposto e che studieremo tra le vie endogene del mielencefalo. Le fibre cerebello-olivari si troverebbero nel lato mediale del corpo restiforme; si ammette che s'incrocino parzialmente nel rafe e che vadano a terminare nelle olive mielencefaliche. Siccome dalle olive originano fibre che vanno al cervelletto (fibre olivo-cerebellari; fig. 239), per mezzo di queste fibre e delle cerebello-olivari tra le due metà del cervelletto si costituirebbe una commessura che passerebbe per il mielencefalo (fig. 244), e che meriterebbe quindi il nome di *via intercerebellare* (Kölliker).

Le *fibre cerebello-tegmentali del bulbo* (1) originano da alcune masse grigie che si trovano nell'interno del cervelletto e che hanno il nome di *nuclei del tetto* (nuclei del fastigio). La massima parte di queste fibre, dopo essersi incrociata nel cervelletto (fig. 244, *b*), discende nel bulbo per mezzo dei peduncoli cerebellari inferiori (e forse anche per mezzo di altri peduncoli cerebellari, di quelli cioè che uniscono il cervelletto al metencefalo e che si chiamano peduncoli cerebellari medi; in questo caso le fibre prima di raggiungere il bulbo devono attraversare il ponte del Varolio) e viene a distribuirsi ai nuclei motori omolaterali del mielencefalo; una parte di tali fibre (*i*) non s'incrocia nel cervelletto e dal nucleo del tetto discende per mezzo del corpo restiforme nella metà omonima del bulbo, ma queste fibre s'incrociano allora nel rafe bulbare (fig. 244) e vanno quindi a terminare nei nuclei motori eterolaterali del bulbo. Dovremo dunque distinguere *fibre cerebello-tegmentali del bulbo incrociate* (fig. 244, *b*) e *fibre cerebello-tegmentali del bulbo non incrociate* (*i*). Per terminare, le fibre in questione nell'ultimo tratto del loro cammino

(1) Questa denominazione è quella proposta dall'Edinger; sinonime sono le seguenti: *Fascio cerebello-nucleare* (Obersteiner), *fascio cerebello-bulbare* (Van Gehuchten), *fascio a crochet* (Russel), *fascicolo uncinato* (Lewandovsky), *fascio fastigio-bulbare* (Thomas).

diventano trasversali; e ve ne sono di quelle che contribuiscono a produrre le fibre arciformi interne e di quelle che invece formano fibre arciformi esterne anteriori o posteriori (Edinger).

Tra le fibre cerebello-tegmentali del bulbo devono essere menzionate in modo speciale quelle che si esauriscono nel nucleo vestibolare laterale (del Deiters) e che si chiamano *fibre cerebello-vestibolari* (fig. 244, d). Come le precedenti, sono sparse nel lato mediale del corpo restiforme. Può sembrare strano che, mentre tutte le altre fibre cerebello-tegmentali vanno a distribuirsi a nuclei motori, queste ultime terminano invece in mezzo a cellule sensitive (sappiamo infatti che il nucleo vestibolare laterale riceve le fibre del nervo vestibolare: cfr. a pg. 421); ma si deve subito osservare a questo riguardo che se il nucleo vestibolare principale è nettamente sensitivo, il nucleo vestibolare laterale viene invece costituito da grandi cellule che le indagini anatomo-comparative dimostrano essere cellule radicolari che hanno acquistato carattere di cellule sensitive (Edinger).

Le *fibre cerebello-midollari* nell'uomo sono dubbie. Nei cranioti inferiori (selaci) in mezzo alle fibre cerebello-bulbari che chiaramente terminano ai nuclei motori del bulbo, si vedono fibre cerebello-midollari che attraversano il bulbo e discendono alle cellule radicolari della midolla spinale (cfr. Sterzi, 1909). Nell'uomo non sono state mai descritte; però furono seguite nella porzione cervicale della midolla spinale del cane (Pellizzi, Polvani, Luna) dopo l'ablazione del verme cerebellare, e nella scimmia dopo l'emiscerebellazione (Marchi) (cfr. a pg. 236). Nel bulbo del cane decorrono nella porzione laterale della formazione reticolare e si possono distinguere in due gruppi, in uno dorsale che decorre vicino alla sostanza grigia centrale ed in un gruppo ventrale, posto subito dietro al nucleo olivare inferiore (Thomas).

B - Fasci esogeni ascendenti

I fasci esogeni ascendenti o traggono origine dalle cellule funicolari della midolla spinale o dalle cellule dei gangli spinali; i primi vennero quindi studiati nella midolla come fasci endogeni ed i secondi come fasci esogeni di origine ganglionare.

I fasci esogeni ascendenti del mielencefalo sono per ciò il

fascio cuneato, il *fascio gracile* e le *vie midollo-diencefalica*, *midollo-mesencefalica*, *midollo-metencefalica* e *midollo-mielencefalica*. Di ciascuna esaminiamo la situazione ed i rapporti nel mielencefalo.

a) - Fascio cuneato e fascio gracile

Dalla midolla spinale questi fasci passano nel mielencefalo senza modificare la propria posizione; si trovano per ciò ai lati del solco mediano posteriore del mielencefalo (fig. 209, *k*, *l*). Bentosto (fig. 215) tra le loro fibre cominciano a comparire i nuclei del fascio gracile e del fascio cuneato, che furono da noi descritti con la sostanza grigia propria del mielencefalo, ed in tali nuclei le fibre dei fasci a poco a poco vanno quasi tutte terminando. Per conseguenza a misura che salgono in alto, i fasci diventano più sottili e nella loro parte superiore sono ridotti ad una lamina di sostanza bianca che riveste i nuclei suddetti (fig. 234, *a*, *b*).

I fasci cuneati nella parte inferiore del bulbo sono divisibili in due segmenti, uno mediale o *porzione semicircolare interna* e l'altro laterale o *porzione semicircolare esterna* (Cajal); la prima circonda il nucleo del fascio cuneato, l'altra è situata subito dietro alla zona rolandica del nucleo della radice discendente del trigemino (cfr. a pg. 427). Nella porzione esterna le fibre sono grosse ed inviano collaterali alla predetta zona rolandica, nella interna sono piccole e si distribuiscono esclusivamente al nucleo del fascio cuneato; le prime derivano da segmenti della midolla spinale più bassi di quelli dai quali traggono origine le fibre della porzione esterna (Cajal).

La terminazione delle fibre nei nuclei dei fasci gracile e cuneato è bene conosciuta; esse non si esauriscono d'un tratto, ma prima emettono successivamente varie collaterali che penetrano nel nucleo rispettivo e finalmente le fibre stesse si ripiegano verso il nucleo e vi terminano (Cajal). Per ciò una medesima fibra nervosa si distribuisce per un lungo tratto del nucleo e non in un solo punto (fig. 245). Tanto le collaterali che le fibre terminano in plessi molto complicati entro a ciascuno dei quali si trovano varie cellule nervose (Cajal); le diramazioni nervose producono attorno ad esse dei veri e propri cestellini terminali (cfr. a pg. 12). Il fascio gracile ed il fascio cuneato costituiscono adunque una via midollo-mielencefalica ed i

loro nuclei sono nuclei terminali nello stretto senso del vocabolo; da questi nuclei originano nuove fibre che trasportano al talamo ottico del diencefalo (*via bulbo-talamica*) gli stimoli sensitivi, che i nuclei ricevono dal fascio gracile e dal fascio cuneato.

Siccome i fasci ora ricordati terminano quasi completamente nei loro nuclei, era ben giustificato quanto asserimmo a proposito della morfologia del mielencefalo (cfr. a pg. 370), cioè che la continuazione tra questi fasci ed i corpi restiformi è solo apparente.

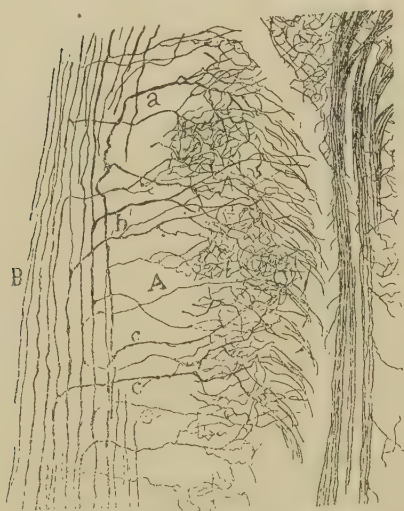


Fig. 245 — Terminazione del fascio cuneato nel rispettivo nucleo (nel topo neonato, secondo il Cajal; sezione sagittale, metodo del Golgi). — A, nucleo del fascio cuneato B; a, fibre del fascio che terminano nel nucleo; b, c, e, loro collaterali.

Non tutte le fibre del fascio cuneato e del fascio gracile terminano però nei nuclei omonimi; alcune di esse salgono infatti al cervelletto insieme al fascio midollo-cerebellare posteriore. Queste fibre nell'uomo furono poste recentemente in evidenza dal Goldstein (1910) in due casi di tumori della midolla spinale; esse sono generalmente fine ed abbandonati il fascio gracile ed il fascio cuneato inferiormente ai nuclei omonimi, volgono lateralmente passando come fibre arciformi ora al davanti, ora dietro ed ora attraverso alla radice discendente del trigemino; così incontrano il fascio midollo-cerebellare posteriore, col quale salgono verso il cervelletto. Rappresentano il primitivo decorso delle

fibre ascendenti delle radici posteriori, quale si osserva nei cranio inferiori (Sterzi, 1909).

È dubbio se alcune fibre dei fasci gracile e cuneato senza interrompersi nei loro nuclei rispettivi salgano direttamente al cervelletto anche insieme alle fibre del fascio bulbo-cerebellare, che descriveremo tra le vie endogene; alcuni autori (l'Edinger ad es.) lo ammettono, altri (il Flechsig ad es.) lo negano.

b) Via midollo-diencefalica

Le *fibre midollo-talamiche* (cfr. a pg. 249) attraversano il mielen-cefalo essendo mescolate con le fibre midollo-tettali che descriveremo tra poco e tetto-bulbari (fig. 241, 6). L'insieme di tali fibre non costituisce un fascio compatto. La regione occupata da tutte queste fibre è anche indicata col nome di *fascio misto*; nelle sezioni trasversali, ha forma triangolare con la base volta all'esterno; numerose fibre arciformi, specialmente esterne anteriori, la attraversano. Nel segmento inferiore del bulbo, sotto al polo inferiore del nucleo olivare, il fascio misto contenente le fibre midollo-talamiche è situato subito dietro al nucleo paraolivare mediale, medialmente al fascio olivo-midollare ed al fascio midollo-cerebellare anteriore, davanti al fascio rubro-midollare; è quindi abbastanza facile la sua localizzazione. Quando poi comincia il nucleo olivare inferiore, il fascio misto è situato subito dietro a tale nucleo (fig. 241, 6), sempre medialmente al fascio midollo-cerebellare anteriore e lateralmente al nucleo laterale della formazione reticolare; conservando questa posizione le fibre midollo-talamiche passano nel ponte, ove le studieremo nel prossimo capitolo.

È dubbio se nell'attraversare il bulbo le vie midollo-talamiche vi inviino collaterali.

c) Via midollo-mesencefalica.

È rappresentata dalle *fibre midollo-tettali* (cfr. a pg. 250); intorno ad esse regnano però ancora molte incertezze. Dato che veramente esistano (come ho già detto a proposito della loro porzione midollare, sono certe solamente nei cranioti inferiori), decorrono insieme alle fibre midollo-talamiche (fig. 241, 6); il Goldstein afferma che si possono constatare solo nel mesencefalo, ove le fibre midollo-tettali abbandonano il fascio misto per andare al corpo genicolato mediale ed ai corpi quadrigemelli, mentre le fibre midollo-talamiche continuano in alto per penetrare nel diencefalo ove terminano nel talamo ottico.

d) Via midollo-metencefalica.

Viene costituita dai due *fasci midollo-cerebellari* (cfr. a pg. 251 e segg.).

Il fascio midollo-cerebellare anteriore ed il posteriore entrano nel mielencefalo (fig. 215, *l*), conservando la posizione che avevano nella midolla spinale. Di qui salgono in alto e si riuniscono insieme in modo da costituire un solo fascio (fig. 234, *e* + *f*), meno largo e più grosso di quello midollare. Conservan-

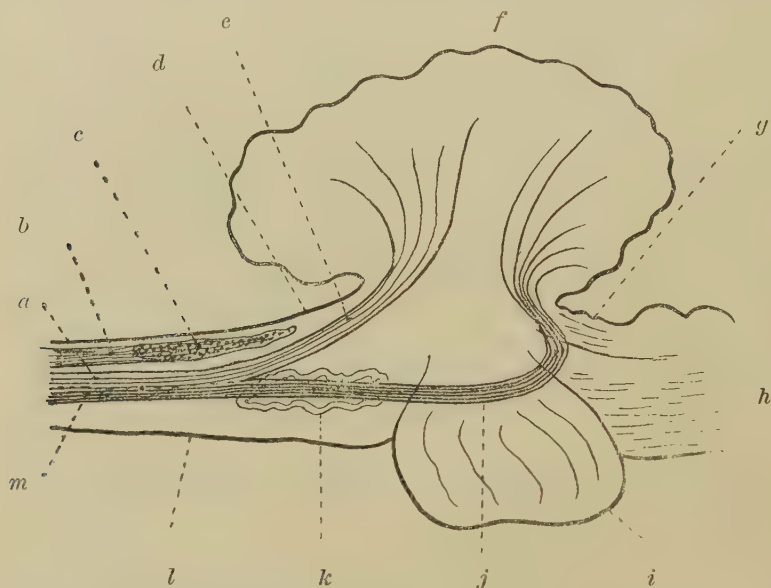


Fig. 246 — Terminazione dei fasci midollo-cerebellari (Schema in cui il bulbo, il ponte, il cervelletto ed il mesencefalo si immaginano veduti di lato). — *a, e*, fascio midollo-cerebellare posteriore; *b*, fascio gracile e fascio cuneato coi loro nuclei *c*; *d*, corpo restiforme; *f*, cervelletto; *g*, peduncolo cerebellare superiore; *h*, mesencefalo; *i*, ponte; *j, m*, fascio midollo-cerebellare anteriore; *k*, nucleo olivare inferiore; *l*, bulbo.

dosi sempre superficiale e decorrendo sempre nella faccia laterale del bulbo, questo fascio passa ai lati dell'incrocciamento piramidale e poi si pone dietro al nucleo olivare, da cui rimane separato per l'interposizione di una piccola area contenente le fibre midollo-talamiche, midollo-tettali e tetto bulbari (fig. 241, *10*); dietro ad esso si trovano i fasci gracile e cuneato ed i loro nuclei. Siccome a misura che salgono in alto questi ultimi fasci coi loro

nuclei diminuiscono di volume e già ne abbiamo veduto le ragioni (cfr. a pg. 465), ne risulta che il fascio midollo-cerebellare si sposta a poco a poco posteriormente, mantenendosi però sempre superficiale (fig. 246, *a + m*). Le fibre del fascio midollo-cerebellare anteriore (*m*) ne formano sempre la parte anteriore e quelle del fascio

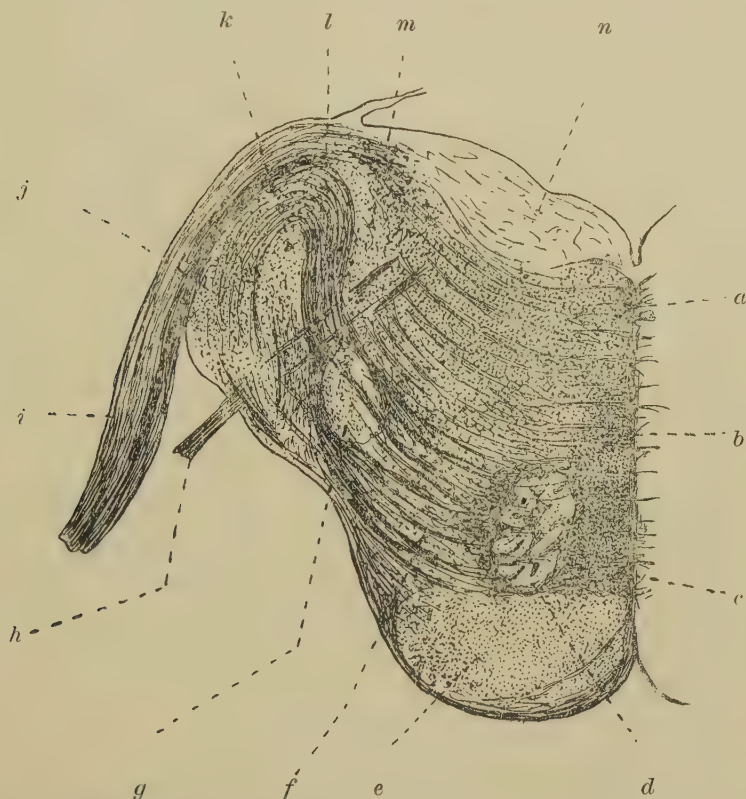


Fig. 247 — Emisezione trasversale del bulbo vicino al polo superiore del nucleo olivare inferiore (uomo di 39 anni; metodo del Weigert). — *a*, fascicolo longitudinale posteriore; *b*, fibre tetto-bulbari e tetto-midollari; *c*, fascio bulbo-talamico; *d*, nucleo olivare-inferiore; *e*, fascio piramidale; *f*, fibre arciformi interne; *g*, radice discendente del trigemino e fibre arciformi pretrigeminali, intratrigeminali e retrotrigeminali; *h*, nervo glosso-faringeo; *i*, nervo acustico; *j*, porzione esterna, *k*, porzione media ed *m*, porzione interna del corpo restiforme; *l*, fibre arciformi interne dirette alla porzione esterna del corpo restiforme; *n*, zona grigia centrale.

midollo-cerebellare posteriore (*a*) ne costituiscono la parte posteriore; per conseguenza le prime si trovano di preferenza davanti alla radice discendente del trigemino (fig. 241) e le seconde prevalgono invece ai lati di questa radice. Presso all'estremità

superiore dei nuclei dei fasci gracile e cuneato i due fasci midollo-cerebellari si separano nettamente l'uno dall'altro (fig. 246), perchè l'anteriore (*j*) seguita diritto attraverso al ponte del Varolio per andare nel mesencefalo, mentre il posteriore (*e*) sale per mezzo del corpo restiforme (*d*) per recarsi al cervelletto (*f*), ove ne studieremo la terminazione. Nel corpo restiforme esso si trova internamente (fig. 247, *k*), avendo all'esterno (*j*) fibre olivari (cerebello-olivari ed olivo-cerebellari) e fibre provenienti dai nuclei dei fasci gracile e cuneato, e medialmente (*m*) fibre endogene del mielencefalo provenienti dai nuclei sensitivi e fibre cerebello-tegmentali del bulbo; di quelle tra queste fibre che ora semplicemente ricordiamo e che non abbiamo ancora esaminato, faremo uno studio minuto nelle pagine seguenti. Nel cervelletto il fascio midollo-cerebellare posteriore termina in una zona di corteccia che ha il nome di *verme* (fig. 246).

Il fascio midollo cerebellare posteriore lungo il suo cammino nel bulbo dà origine a collaterali che terminano nella formazione reticolare (Cajal, Horsley e Thiele); ne è molto dubbio il significato.

Tra le fibre di questo fascio in alcuni mammiferi (gatto) si trovano delle cellule multipolari, che formano il *nucleo del fascio midollo-cerebellare posteriore* (1); nell'uomo se ne osservano talvolta, ma non mi sembrano costanti. Attorno a tali cellule si espandono sicuramente collaterali provenienti dal fascio in questione; nulla sappiamo intorno al decorso dei neuriti che sorgono dal nucleo predetto.

e) Via midollo-bulbare

Nel mielencefalo giungono infine anche molte fibre funicolari, sparse senza mai costituire fasci, che provengono dalle cellule funicolari della midolla spinale (cfr. a pg. 253). Tra esse meritano speciale menzione le già descritte *fibre midollo-olivari* (pg. 253 e pg. 445).

C - Fasci esogeni ganglionari

Come le radici posteriori dei nervi spinali, originate dalle cellule dei gangli spinali, dopo la loro penetrazione nella midolla spinale danno origine a fasci esogeni midollari (pg. 238 e seg.), così

(1) Sinonimia: *Nucleo del cordone cerebellare* (Cajal).

fanno le fibre dei nervi sensitivi del mielencefalo. Anche queste fibre originano al di fuori del bulbo da cellule che formano gangli, situati sul decorso dei nervi periferici; ma però esse, penetrate nel mielencefalo in corrispondenza delle varie origini apparenti, non si dividono a T in un ramo ascendente ed in uno discendente come fanno le fibre midollari. Questo fatto dipende dalla posizione dei nuclei terminali delle fibre sensitive; per le fibre midollari i nuclei sono molto lontani, perchè si trovano nel mielencefalo (nucleo del fascio gracile e del fascio cuneato) e d'altro lato tali fibre devono anche distribuirsi nella sostanza grigia della midolla stessa (origine delle vie sensitive di secondo ordine: pg. 259), e quindi è necessaria la divisione a T e la costituzione di lunghi fasci ascendenti e discendenti; invece per i nervi sensitivi mielencefalici i nuclei terminali sono vicini all'origine apparente dei nervi, perchè si trovano nel mielencefalo stesso, e così è anche per la sostanza grigia dalla quale origina la via sensitiva secondaria; quindi la divisione a T non è più necessaria.

Le radici sensitive del mielencefalo sono costituite dalle fibre sensitive del nervo vago e da quelle del nervo glosso-faringeo; questi due nervi contengono anche radici motorie e quindi sono dei nervi misti (cfr. a pg. 129). Le fibre sensitive

suddette dopo la loro penetrazione volgono in dietro ed un poco medialmente (fig. 247, *h*; fig. 248), vanno cioè verso il nucleo sensitivo del vago e del glosso-faringeo, lunga colonna cellulare che trovasi nella zona grigia centrale (pg. 423), alla quale fa seguito in basso una sottile appendice, cioè, il nucleo del fascio solitario (pg. 424). Raggiunti questi nuclei, le fibre sensitive si incurvano brusca-

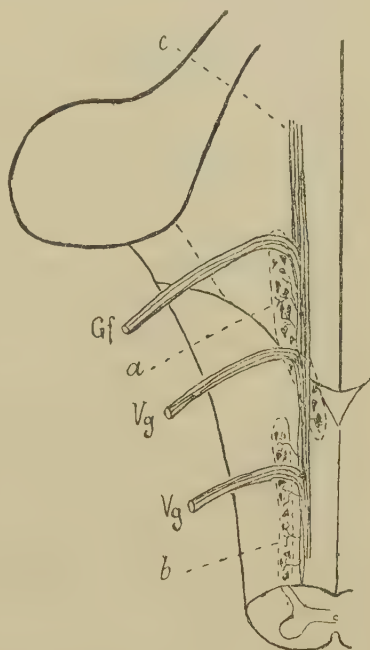


Fig. 248 — La struttura del fascio solitario (Schema; metà sinistra del bulbo e del ponte, veduta dalla faccia posteriore). *a*, nucleo sensitivo del vago e del glosso-faringeo; *b*, nucleo del fascio solitario; *c*, fibre mielencefaliche del fascio solitario; *Gf*, nervo glosso-faringeo; *Vg*, nervo vago.

mente in basso (fig. 248) e costituiscono così un piccolo fascio, che viene ingrossato dalle fibre sottostanti: esso ha il nome di *fascio solitario* (1). È di forma cilindrica ed ha un diametro di circa 0,6 mm; si trova nella parte posteriore del bulbo, di lato al nucleo sensitivo del vago e del glosso-faringeo, sporgente entro alla sostanza grigia della zona centrale (fig. 241, 13); per conseguenza lo si distingue a prima vista (fig. 235, a). Esso percorre tutto il mielencefalo ed in alto penetra nel ponte del Varolio; questa apparente penetrazione dipende dal fatto che nel fascio solitario discendono fibre anche dal nervo intermedio e dal trigemino sensitivo, nervi che studieremo col metencefalo (fig. 248). In corrispondenza del condotto mielencefalico il fascio solitario gli è situato ai lati ed un po' posteriormente e sta sempre nel limite tra la zona grigia centrale e la sostanza bianca.

Dopo essersi molto assottigliato termina nel limite superiore dell'incrociamiento delle piramidi.

Il fascio solitario è formato da due sorta di fibre, cioè da fibre grosse e da fibre sottili; si ritiene (Boettiger) che le due specie siano separate, cosicchè il fascio risulterebbe costituito da due porzioni; nei miei preparati non osservo però un tale fatto, ma le fibre mi sembrano mescolate e noto solamente una piccola prevalenza delle fibre sottili nella parte mediale di ciascun fascio. È probabile che la differenza nel calibro corrisponda ad una differenza nel significato delle fibre predette; forse le grosse appartengono al vago e le fine precipuamente al nervo intermedio ed al glosso-faringeo.

Una piccola parte delle fibre del fascio si incrocia con quella del lato opposto passando dietro al condotto mielencefalico in corrispondenza del nucleo commessurale (Cajal; cfr. a pg. 424).

Le fibre del fascio solitario a misura che discendono danno origine a numerose sottili collaterali, che terminano nel nucleo

1) Sinonimia: *Radice spinale del vago e del glosso-faringeo, radice discendente del vago e del glosso-faringeo, fascicolo trineurale dello Spitzka*. Il nome « *fascicolo solitario* » fu introdotto dallo Stilling. Alcuni autori errando lo chiamano *fascicolo respiratorio*; con questo nome s'indica uno speciale fascio del nervo spinale che descriveremo con questo nervo.

È dubbio se contribuiscano a costituire il fascio solitario fibre della porzione bulbare del nervo spinale, le quali si accompagnerebbero alle fibre sensitive predette per raggiungere il loro nucleo terminale.

sensitivo del vago e del glosso-faringeo o nel nucleo del fascio solitario (fig. 248), costituendo una delle più fitte arborizzazioni che si hanno nel sistema nervoso (Cajal). Le collaterali sono scarse vicino all'estremità inferiore del fascio e sopra all'origine del glosso-faringeo. Le fibre del fascio terminano esse pure nei nuclei sopra ricordati con fitte arborizzazioni; per conseguenza, quando si esaminano sezioni in serie fatte sotto all'origine del vago, cioè nel tratto nel quale il fascio solitario non riceve nuove fibre di origine ganglionare, si vede che esso diventa sempre più sottile per la diminuzione numerica delle sue fibre. Sembra che alcune fibre del fascio, le quali si spingono molto in basso, terminino nel nucleo del fascio cuneato del medesimo lato (Cramer).

Si ammette che fibre del fascio solitario originino dal nucleo del fascio cuneato, ma intorno ad esse nulla sappiamo di positivo. Ho già avvertito (pg. 436) come in questo nucleo si abbiano due specie di cellule, cioè cellule grandi e cellule piccole; i neuriti delle prime si dirigono verso la formazione reticolare grigia (Cajal), ma il loro cammino ulteriore non ci è noto; i neuriti delle cellule piccole compiono molte curve, si recano nella parte laterale della formazione reticolare e qui giunti pare che si pieghino in alto e che diventino longitudinali (Cajal); secondo il Kölliker questi ultimi contribuirebbero a formare il fascio solitario e terminerebbero accompagnandosi alle fibre bulbo-talamiche.

Oltre alle fibre sensitive del vago e del glosso-faringeo, nel mielencefalo decorrono altre fibre esogene di origine ganglionare che appartengono a nervi del metencefalo. Abbiamo sopra veduto che alcune di tali fibre si accompagnano al fascio solitario (e sono cioè fibre del trigemino sensitivo e dell'intermedio); ora dobbiamo aggiungere altre fibre sensitive, appartenenti al trigemino ed all'acustico, le quali discendono dal ponte nella midolla allungata costituendo fasci distinti, che diconsi *radici discendenti* (imprpr. *radici spinali*) di tali nervi.

La *radice discendente del trigemino sensitivo* si trova nella parte laterale della formazione reticolare grigia (fig. 241, 9) ed attraversa tutta la midolla allungata, terminando al principio della midolla spinale; in corrispondenza del ventricolo mielencefalico (fig. 247, 9) è situata davanti al corpo restiforme ed ai fasci gracile e cuneato, medialmente al fascio midollo-cerebellare e dietro all'oliva dalla quale la separa una stretta zona contenente

fibre rubro-midollari, midollo-talamiche e tettali, e tetto-bulbari; in corrispondenza del condotto mielencefalico (fig. 234, *c*) è situata più superficialmente, ricoprendo la zona grigia posteriore (*d*), e si trova dietro al fascio midollo-cerebellare posteriore (*e*) e davanti ai fasci gracile e cuneato (*a* + *b*); in quest'ultimo tratto come pure al principio della midolla spinale occupa quella zona che nella midolla abbiamo denominato *zona marginale* (cfr. a pg. 172 e 180).

Non giunge mai sino alla superficie esterna del bulbo, ma ne rimane sempre separata per l'interposizione di un sottile strato di sostanza bianca, appartenente al fascio midollo-cerebellare posteriore; in basso poi, all'esterno di essa, si nota un inspessimento dello strato grigio corticale, che manifestamente è la continuazione di quell'inspessimento che troviamo nella striscia radicolare posteriore della midolla spinale (cfr. a pg. 166). Verso la metà del bulbo, subito dietro alla radice del trigemino, ho poi osservato un accumulo di cellule nervose con medie dimensioni, che in qualche punto si spinge da un lato fino allo strato grigio corticale, con cui si continua, e dall'altro raggiunge la porzione rolandica del nucleo della predetta radice (cfr. a pg. 427); spesso invece non ha alcun rapporto con queste parti di sostanza grigia. Sembrami che questo nucleo ricordi quello descritto dallo Ziehen col nome di *nucleo dorsale marginale* nella midolla allungata dei marsupiali e dei monotremi; e se la corrispondenza verrà meglio dimostrata, dovremo allora riguardare il predetto nucleo come un nucleo arcuato accessorio (cfr. a pg. 379). La radice discendente del trigemino nelle sezioni trasversali ha la forma di un nastro diretto sagittalmente ed incurvato a doccia in modo da presentare la convessità verso l'esterno (fig. 215, *f*; fig. 234, *c*; fig. 241, *g*); diminuisce di calibro a misura che discende perchè le sue fibre a poco a poco terminano. La densità delle fibre non è uguale in tutta la radice, ma diminuisce dall'esterno verso l'interno; perciò si possono distinguere in essa tre zone sovrapposte (Cajal), e cioè una zona superficiale di fibre stipate, una zona media di fibre meno fitte contenute in un reticolo di sostanza grigia ed una zona interna con scarse fibre sparse qua e là nella sostanza grigia. In tutto il suo cammino la radice discendente del trigemino è sempre addossata all'esterno della zona grigia posteriore (figg. 215, 234, 235, 241), e poichè le sue fibre vi terminano con ricche

arborizzazioni, tale zona ha anche il nome di *nucleo della radice discendente o mielencefalica del trigemino* (1); vi si distribuiscono anche numerose collaterali (Kölliker, Held) che pure terminano in fitte arborizzazioni (Cajal). Secondo qualche autore (Kölliker) alcune collaterali vanno al nucleo dell'ipoglosso e sono paragonabili alle collaterali che i fasci gracile e cuneato inviano alle colonne anteriori della midolla spinale (pg. 247); si ammettono anche connessioni tra questa radice ed i nuclei dei nervi sensitivi del mielencefalo, e specialmente col nucleo sensitivo del vago e del glosso-faringeo (Londen).

Il nervo vestibolare, che è porzione del nervo acustico, penetrato nel metencefalo e nel bulbo, va a terminare in corrispondenza dei nuclei vestibolari, che sappiamo essere situati nella zona grigia centrale (cfr. a pg. 420). Come vedremo meglio studiando l'origine del vestibolare, alcune di tali fibre o alcune loro diramazioni costituiscono un gruppo di piccoli fasci che percorrono dall'alto al basso il bulbo e che hanno complessivamente il nome di *radice discendente del nervo vestibolare* (2). Essa è situata al davanti del nucleo vestibolare principale (fig. 241, 14), subito dietro e medialmente al corpo restiforme, e si prolunga in basso sino all'estremità inferiore dell'area vestibolare che sappiamo essere assottigliata ed avere il nome di *nucleo della radice discendente del nervo vestibolare* (pg. 421 e fig. 226). Le fibre di questa radice lungo il loro cammino danno origine a numerose collaterali che terminano nell'area vestibolare e finiscono per distribuirvisi esse stesse; per ciò diminuiscono di numero a misura che discendono. Le arborizzazioni delle collaterali e delle fibre sono molto fitte ed il decorso stesso dei neuriti è così flessuoso e così intricato anche negli animali neonati che rimane impossibile il seguire pure una sola fibra fino alla sua terminazione (Cajal).

D. - Fasci endogeni discendenti

Tra i fasci endogeni del mielencefalo tralascieremo di occuparci per ora dei fasci radicolari, poichè essi formano le radici motorie dell'ipoglosso, dello spinale, del vago e del glosso-faringeo

(1) Sinonimia: *Nucleo del trigemino spinale, nucleo bulbo-spinale del trigemino* (Edinger).

(2) Sinonimia: *Radice discendente dell'acustico, radice spinale dell'acustico, fascio acustico-spinale, fascio ottavo-spinale.*

e quindi li studieremo più a proposito trattando dei nervi mielencefalici. Ci occuperemo invece dei fasci provenienti dalle cellule funicolari e li divideremo in base al loro cammino nel sistema nervoso; avremo quindi da esaminare una *via bulbo-midollare*, una *via bulbo-metencefalica*, una *via bulbo-mesencefalica* ed una *via bulbo-diencefalica*; non esiste una connessione diretta tra il mielencefalo ed il telencefalo.

Oltre ai predetti fasci endogeni devo poi anche menzionare l'esistenza di numerose *fibre intrabulbari*, le quali costituiscono vie di associazione e fibre commessurali tra i vari segmenti del bulbo. Queste vie non sono sperimentalmente dimostrate, ma dopo quanto abbiamo detto intorno alle vie intramidollari (cfr. a pg. 254), sembrami logico l'ammetterle anche nel bulbo.

a) Via bulbo-midollare.

Venne da noi già studiata nella midolla spinale (pg. 237); qui aggiungeremo solo alcune notizie che si riferiscono ai gruppi cellulari che la originano.

Le *fibre vestibolo-midollari* provengono dal nucleo vestibolare laterale (pg. 421); dalle sue grosse cellule stellate (fig. 227) che come sappiamo sono circondate da un fittissimo plesso neuritico (fig. 228), paragonabile a quello che circonda le cellule del Purkinje della corteccia cerebellare (Cajal, Veratti), provengono neuriti che si portano medialmente ed in avanti attraverso alla sostanza reticolare grigia (fig. 241, 8). Giunti subito lateralmente al fascio rubro-midollare (7) e dopo essersi circondati di mielina, volgono in basso, costituendo un fascio abbastanza compatto che trovasi dietro al nucleo olivare inferiore tra il fascio rubro-midollare ed il nucleo della radice discendente del trigemino. Mantenendo questa posizione, le fibre vestibolari passano ai lati dell'incrociamiento piramidale e discendono nella midolla spinale (cfr. a pg. 237). Secondo qualche autore (Probst) nel fascio vestibolo-midollare sono mescolate *fibre cerebello midollari*, che discendono dal cervelletto attraversando il nucleo vestibolare laterale, e *fibre midollo-vestibolari*, che hanno decorso opposto alle vestibolo-midollari. Il fascio vestibolo-midollare nell'uomo è poco sviluppato; invece ha grande dimensione negli animali che conducono vita acquatica od aerea; così ad es. è sviluppatissimo nei pesci (Sterzi, 1909), negli uccelli (Wallemberg) e nei chiroteri (Hollander).

Le *fibre bulbari reticolo-midollari* (pg. 237) provengono dalle cellule della formazione reticolare; non sono ancora ben conosciute, ma le indagini sperimentali ne accertano l'esistenza (Van Gehuchten). Con ogni probabilità si tratta di fibre funicolari, che originano dai nuclei della formazione reticolare (specialmente dal nucleo magnocellulare), s'incrociano parzialmente nel rafe (Cajal) e si dividono in un ramo ascendente ed in uno discendente, come le fibre funicolari tipiche (cfr. pg. 198). I rami ascendenti hanno decorso sconosciuto; i discendenti invece si uniscono alle fibre del fascicolo longitudinale posteriore e con esse si continuano nella midolla spinale (cfr. pg. 237). Con tali fibre decorrono anche le *reticolo-midollari pontine* (cfr. pg. 236), che provengono dalla formazione reticolare del ponte.

Il *fascio olivo-midollare* (1) origina verosimilmente dalle cellule olivari; però non fu riconosciuta la continuità tra esse e le fibre del fascio. È probabile che queste fibre non escano per l'ilo, ma si distaccino dalla periferia del nucleo olivare; infatti il fascio olivo-midollare comincia a comparire verso la metà del nucleo come un sottile rivestimento di fibre longitudinali situato sulla faccia esterna di esso (fig. 241, 5); il numero delle fibre cresce a misura che si va in basso ed all'estremità inferiore dell'oliva il fascio è nettamente costituito.

In corrispondenza dell'oliva ed anche per un breve tratto sotto ad essa il fascio è prodotto da due sistemi di fibre, uno anteriore di fibre sottili (2) e l'altro posteriore di fibre più grosse; può darsi che abbiano diverso significato; scendendo in basso i due sistemi si mescolano (Thalbitzer).

(1) Alla sinonimia indicata a pg. 238 si deve aggiungere la seguente che si riferisce in special modo alla porzione bulbare del fascio: *Fascicolo periolivare* (Betcherew), *fascicolo circumolivare* (Giannelli), *fascicolo di Helweg-Betcherew* (Obersteiner).

(2) Ricordato anche dal Helweg col nome di *formazione diffusa*.

Qualche autore sostiene che il fascio olivo-midollare contiene, oltre alle fibre di origine olivare, anche scarse fibre del fascio talamo-olivare (cfr. a pg. 456), che non si sono interrotte nel nucleo olivare. Il fatto è molto problematico; le degenerazioni patologiche e sperimentali non provano nulla di positivo a tale proposito, perchè ora sembrano dimostrare che il fascio contiene solo fibre olivari, ora che ne contiene anche di talamiche. Certo è che se si esaminano preparati di individui normali, la caratteristica proprietà colorante delle fibre midollo-olivari (cfr. a pg. 238) cessa completamente sopra al nucleo olivare inferiore.

Insieme alle vie midollo-talamica e midollo-tettale il fascio olivo-midollare passa lateralmente all'incrocio delle piramidi e diventa sempre più superficiale; al limite inferiore del bulbo raggiunge la posizione che conserva poi nella midolla (cfr. a pag. 238).

Riguardo al significato funzionale di questo fascio si hanno scarse notizie; il Helweg ed il Thalbitzer asseriscono che si tratta di una via vaso-motrice encefalica e che quindi l'oliva bulbare è il centro vaso-motore dell'encefalo.

Tra le connessioni bulbo-midollari devono anche essere accennate fibre funicolari sparse nella sostanza bianca e nella grigia che rappresentano la continuazione dei fasci fondamentali del cordone anteriore, del cordone laterale e del cordone posteriore della midolla spinale. Nel mielencefalo queste fibre non costituiscono fasci compatti, ma sono disperse in mezzo ai sistemi di fibre esogene e di fibre endogene che abbiamo studiato; tuttavia si deve avvertire che nella parte anteriore della formazione reticolare bianca prevalgono fibre funicolari omologhe a quelle dei fasci fondamentali del cordone anteriore e del cordone laterale della midolla spinale, e che in prossimità dei nuclei dei fasci gracile e cuneato e della zona grigia centrale prevalgono fibre omologhe a quelle del fascio fondamentale del cordone posteriore. Le fibre funicolari originano tanto dai nuclei principali come dalla formazione reticolare grigia; quelle del nucleo del rafe e del nucleo reticolare sono state nettamente seguite fino alla midolla spinale (Kohnstamm: cfr. a pag. 237 e 434).

E. Fasci endogeni ascendenti

Sono costituiti dalle vie endogene ricordate a pag. 476, esclusa la via bulbo-midollare che è la sola discendente.

a) Via bulbo-metencefalica

Nel mielencefalo originano fibre che vanno al ponte ed al cervelletto.

Le *fibre bulbo-pontine* sono sparse senza ordine nel mielencefalo e sono fibre funicolari omologhe a quelle che or ora abbiamo ricordato tra il mielencefalo e la midolla spinale. Provengono da cellule funicolari sparse nelle zone grigie comuni al bulbo ed alla midolla o nelle zone grigie proprie del bulbo, e specialmente dalle cellule della formazione reticolare; furono se-

guite (Kohnstamm) in tutto il loro decorso quelle che originano dei nuclei del rafe (pg. 448) e quelle del nucleo gigantocellulare della formazione reticolare (pg. 434).

Le *fibre bulbo-cerebellari* sono molto complicate e se ne devono distinguere quattro sistemi, cioè il *fascio bulbo-cerebellare propriamente detto*, il *fascio olivo-cerebellare*, le *fibre reticolo-cerebellari* ed il *fascio nucleo-cerebellare o vestibolo-cerebellare*.

Il *fascio bulbo-cerebellare propriamente detto* origina dalle cellule che formano i nuclei del fascio gracile e del fascio cuneato; mentre una gran parte di esse coi suoi neuriti va a costituire un altro fascio che studieremo tra poco, cioè il fascio bulbo-talamico, alcune di tali cellule danno invece neuriti i quali volgono verso il cervelletto. Nello studiare i nuclei (pg. 440) abbiamo già esaminato il loro decorso e sappiamo che esse si distinguono in *fibre arciformi interne*, in *fibre arciformi esterne anteriori* ed in *fibre arciformi esterne posteriori*; tutte per mezzo della parte laterale del corpo restiforme vanno al cervelletto e terminano nel verme cerebellare. Sul decorso delle anteriori trovansi i nuclei arcuati e prepontini (pg. 378 e 407), nei quali molte di esse s'interrompono (Mingazzini).

Il *fascio olivo-cerebellare* proviene dalle cellule olivari e lo abbiamo già accennato a proposito del nucleo olivare inferiore (pg. 444); sappiamo che le sue fibre attraversano il bulbo come fibre arciformi interne e salgono al cervelletto per mezzo del corpo restiforme del lato opposto; nel corpo restiforme sono situate lateralmente (fig. 247, *j*), insieme alle fibre precedenti. Anche le fibre arciformi interne di questo sistema, similmente a quelle della via bulbo-cerebellare (cfr. a pg. 440) in parte decorrono davanti alla radice discendente del trigemino, in parte attraversano questa radice ed in parte le passano dietro; per ciò si possono distinguere in *fibre arciformi pretrigeminali*, *intratrigeminali* e *retrotrigeminali* (Mingazzini). Le fibre pretrigeminali si mielinizzano prima delle altre (alla 5^a settimana dalla nascita) e nell'attraversare il bulbo circondano il nucleo olivare del lato opposto; rispetto ai loro rapporti con questa oliva si possono suddividere in due porzioni, cioè in una porzione superficiale, che passa all'esterno del nucleo olivare, ed in una porzione profonda (Mingazzini).

Sembra che vi siano relazioni topografiche tra le cellule di origine della via olivo-cerebellare e le loro terminazioni nel cervelletto: le parti laterali dei nuclei olivari sarebbero collegate con la

parte laterale dell'emisfero cerebellare del lato opposto, le parti centrali sarebbero riunite al verme superiore del cervelletto e le parti anteriori al verme inferiore (Holmes e Stewart).

Le *fibre reticolo-cerebellari* (1) (Van Gehuchten, Molhant) non sono ben note. Le indagini sperimentali hanno dimostrato che nel coniglio la distruzione delle masse grigie situate sulla parete anteriore del ventricolo mielencefalico vicino al fascicolo solitario produce degenerazione di fibre che partono dal punto lesa e vanno al corpo restiforme del medesimo lato e del lato opposto (Van Gehuchten); queste fibre proverrebbero specialmente dalla sostanza grigia dei due terzi laterali della formazione reticolare (Molhant). È certo poi che dal nucleo del fascio laterale (pg. 431) e dai nuclei del rafe, i quali si possono riguardare come appartenenti a questa formazione, partono fibre le quali vanno al cervelletto per mezzo del corpo restiforme (Betcherew, Yagita, Marburg).

Il *fascio nucleo-cerebellare* (2) è una via molto importante, la quale dal nucleo terminale del nervo sensitivo-somatico del bulbo, cioè dal nucleo del nervo vestibolare, va al cervelletto passando nella parte mediale del corpo restiforme (fig. 247, *m*); per conseguenza nell'uomo è anche chiamato *fascio vestibolo-cerebellare*. Costituisce il rudimento di un grande sistema sviluppatissimo nei cranioti inferiori e specialmente nei selaci (Edinger, Sterzi). Il fascio vestibolo-cerebellare origina da tutti i nuclei del nervo vestibolare, cioè dal nucleo principale, dal nucleo laterale e dal nucleo posteriore (cfr. pg. 420-422), ma più da questi due ultimi; sembra che lo costituiscano anche fibre dirette del nervo vestibolare, fibre cioè che non si sono interrotte nei nuclei suddetti (Edinger, Obersteiner). Dai nuclei i neuriti divenuti cilindri di fibre mieliniche, volgono lateralmente verso il corpo restiforme del medesimo lato e, dopo averlo raggiunto, con decorso obliquo salgono al cervelletto. Tra queste fibre ascendenti se ne trovano di quelle con cammino opposto che a loro luogo vennero descritte (pg. 464).

(1) Sinonimia: *Fascio bulbo cerebellare*.

(2) Sinonimia: *Via cerebellare sensitiva diretta* (Edinger), *fascio cerebello-nucleare, porzione interna del peduncolo cerebellare inferiore* (Meynert, Monakow).

b) ~ Via bulbo-mesencefalica

Le connessioni ascendenti tra il mielencefalo ed il mesencefalo sono poco note. Nei cranioti inferiori, come ad es. nei selaci (Sterzi), si osserva una *via bulbo-tettale*, che dal mielencefalo ascende alla volta mesencefalica (tetto ottico), paragonabile alla midollo-tettale che abbiamo già ricordato (cfr. a pg. 250); è dubbio se nei mammiferi e nell'uomo esista una via simile.

Alcuni ritengono che fibre bulbo-mesencefaliche decorrano anche nel fascicolo longitudinale posteriore e servano a porre in relazione i nuclei dei nervi mielencefalici con nuclei dei nervi metencefalici (specialmente del facciale e del trigemino) e mesencefalici (oculo-motore, trocleare); tali fibre avrebbero quindi il significato di semplici fibre di associazione.

c) ~ Via bulbo-diencefalica

La via bulbo-diencefalica è costituita da un importante sistema di fibre che dai nuclei del fascio gracile e del fascio cuneato va a terminare nel talamo ottico (che è un nucleo diencefalico: cfr. a pg. 347); per ciò questo sistema si chiama anche *fascio bulbo-talamico* (1). Nei nuclei ora ricordati vengono a terminare i fasci gracile e cuneato (pg. 465), che costituiscono la via sensitiva midollare di I ordine (pg. 259); il fascio bulbo-talamico, che trasporta al diencefalo gli stimoli sensitivi raccolti in quei nuclei, forma quindi la continuazione della predetta *via sensitiva di I ordine*.

(1) Sinonimia: *Fascio sensitivo, nastro del Reil mediale, lemnisco mediale, lemnisco principale, laqueus*. Il nome *lemnisco* (dal latino *lemniscus*, striscia e propriam. nastro che si attaccava alle corone come segno speciale di onore ai vincitori) è la trascrizione del greco ὁ λημνίσκος. La voce italiana *lemnisco* è del linguaggio anatomico; nel linguaggio marinaresco si usa il vocabolo *lenno*, evidente corruzione della predetta voce latina, e serve per indicare speciali corde intrecciate. Il nome *laqueus*, che significa laccio o nodo scorsoio, è molto improprio. (Per la sinonimia antica cfr. Déjerine, Vol. II, 1901).

Nei trattati non recentissimi il fascio è anche detto *bulbo-corticale*, ma questa locuzione non va usata, perchè si basa sull'erronea credenza che esso termini alla corteccia cerebrale.

Abbiamo già veduto da quali cellule dei nuclei ora ricordati provengano i neuriti della via bulbo-talamica (pg. 439) e come

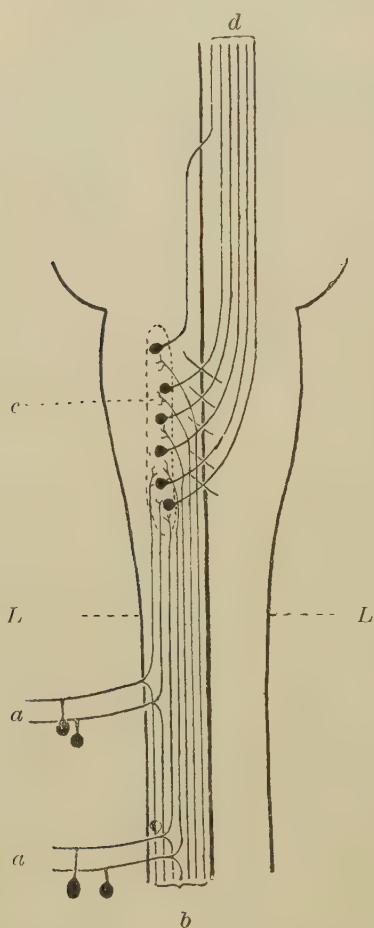


Fig. 249 — L'incrocio sensitivo nel bulbo, veduto in superficie (Schema). — *a, a*, radici posteriori dei nervi midollari; *b*, fasci gracile e cuneato nella midolla spinale; *c*, loro nuclei; *d*, fascio bulbo-talamico; *L, L*, limite tra la midolla spinale ed il bulbo.

essi, appena originati, attraversino quasi tutti il rafe, comportandosi come fibre arciformi interne, per recarsi nella metà opposta del bulbo (fig. 236); allora da trasversali diventano bruscamente ascendenti, piegandosi ad angolo quasi retto e costituiscono il fascio suddetto (*f*). L'incrocio delle fibre bulbo-talamiche si chiama *incrocio sensitivo* od *incrocio del lemnisco*(1). Non si compie in un piano trasversale, ma occupa un tratto di bulbo più lungo di quello dell'incrocio piramidale; ciò dipende dal fatto che le sue fibre sono disseminate in quasi tutta la metà inferiore del bulbo, cioè per tutta la lunghezza dei nuclei del fascio gracile e del fascio cuneato (fig. 249), confondendosi in basso con l'incrocio delle piramidi. Le fibre arciformi interne che appartengono al fascio bulbo-talamico, per la massima parte attraversano il rafe tra i nuclei olivari, e lo abbiamo già accennato (pg. 440); alcune lo attraversano anche anteriormente a tali nuclei passando in mezzo alle fibre dei fasci piramidali (Obersteiner).

Le fibre arciformi predette in corrispondenza del terzo inferiore

(1) Sinonimia: *Decussazione sensitiva o del lemnisco, incrocio pini-forme* (Spitzka).

del nucleo olivare circondano la sostanza grigia centrale (fig. 234). In questa area l'incrociamiento sensitivo è costituito da fibre molto stipate (fig. 234), che occupano tutto il rafe; nel terzo medio del nucleo predetto le fibre dell'incrociamiento sono meno numerose e meno addensate.

Non è ancora certo come si dispongano nel rafe le fibre provenienti dal nucleo del fascio gracile e quelle derivanti dal nucleo del fascio cuneato; per alcuni autori (Betcherew, Tschermak) nella parte anteriore della zona interolivare del rafe si incrociano le fibre che derivano dai nuclei dei fasci cuneati e nella parte posteriore quelle che originano dai nuclei dei fasci gracili; invece per altri (Lewandowsky, Wallenberg) la loro posizione è opposta. Ad ogni modo non va dimenticato che nella zona interolivare del rafe non passano solo le fibre incrociate bulbo-talamiche, ma anche molte altre fibre incrociate che noi già conosciamo (bulbo-cerebellari, olivo-cerebellari, interolivari, ecc.). In corrispondenza dell'estremità inferiore dell'incrociamiento sensitivo le fibre bulbo-talamiche sono mescolate con le fibre superiori dell'incrociamiento delle piramidi (Obersteiner).

Come già dissi (pag. 440), non tutte le fibre bulbo-talamiche s'incrociano nel tratto di bulbo che contiene i loro nuclei di origine; alcune (fig. 249) ascendono senza incrociarsi, ma però, dopo un certo cammino, attraversano anch'esse il rafe e vanno nel fascio bulbo-talamico del lato opposto. Per conseguenza si può affermare che *l'incrociamiento sensitivo è completo*.

Il fascio bulbo-talamico si costituisce subito lateralmente al rafe nella zona interolivare (fig. 241, 3). Per quasi tutta la lunghezza del bulbo il fascio non è bene delimitato; solo in corrispondenza del terzo superiore del nucleo olivare ha l'aspetto di un fascio bene riconoscibile. In questo tratto esso nelle sezioni trasversali ha forma triangolare, con la base in avanti, ed è situato tra il fascio piramidale, che gli sta anteriormente, il nucleo paraolivare anteriore che gli è laterale, ed il rafe bulbare che si trova medialmente (fig. 241); dietro al fascio bulbo-talamico si trovano le fibre tetto-bulbari e tetto-midollari (2). Le fibre arciformi esterne anteriori (fig. 236, g) passano tra il rafe ed il fascio bulbo-talamico (f) o nello spessore di questo fascio, vicino al rafe. Nella estremità superiore del bulbo, quando il nucleo olivare si è molto ridotto, il fascio tende a restringersi dall'avanti all'indietro e ad allargarsi, di modo che la faccia, che è a contatto col fascio pi-

ramidale, è più larga di quello che non sia più in basso. Abbiamo già indicato (pg. 440) come si dispongono nel fascio bulbo-talamico le fibre provenienti dal nucleo del fascio gracile e quelle derivanti dal nucleo del fascio cuneato.

Gli stimoli sensitivi trasportati al bulbo dal vago e dal glosso-faringeo salgono al talamo ottico come fanno quelli delle radici posteriori dei nervi spinali? In altri termini, come dai nuclei del fascio gracile e del fascio cuneato, che sono i nuclei terminali della via sensitiva midollare di I ordine, origina una via che continua la precedente e che va al diencefalo, così dai nuclei sensitivi del vago e del glosso-faringeo, che sono i nuclei terminali di vie sensitive bulbari di I ordine, originano vie ascendenti verso il diencefalo? Certamente; essi costituiscono un fascio che contribuisce a formare la via bulbo-talamica. Provenendo dai nuclei dei nervi predetti, le fibre in questione si incrociano nel rafe bulbare posteriormente al fascio bulbo-talamico e quindi salgono in alto, formando la porzione posteriore di questo fascio (1) (Monakow).

Non sappiamo se vadano a far parte della via bulbo-talamica anche fibre provenienti dai nuclei del nervo vestibolare; nel caso che esse esistano, provengono probabilmente dal nucleo vestibolare principale e dal nucleo della radice discendente del nervo, cioè dai nuclei vestibolari, intorno alle connessioni dei quali abbiamo ancora poche notizie.

Anche gli stimoli recati alle porzioni mielencefaliche dei nuclei sensitivi del trigemino vanno al talamo ottico e contribuiscono a costituire la via bulbo-talamica. Dalle cellule dei predetti nuclei originano infatti neuriti, i quali si dirigono dal basso all'alto decorrendo addossati alle faccie mediali delle porzioni colonnari dei nuclei stessi. Questi fasci, situati in piena formazione reticolare grigia, si chiamano *fascicoli concomitanti del trigemino* (2) (cfr. a pg. 427). Non aumentano molto di calibro a misura che vanno in alto perchè le loro fibre a poco a poco si incrociano nel rafe bulbare, per accompagnarsi alle altre fibre bulbo-talamiche. Sono meglio distinti nella metà inferiore del bulbo; le fibre arciformi li attraversano senza alcun ordine.

(1) A questa porzione del fascio bulbo-talamico il Monakow dà i nomi di *lemnisco vago-glosso-faringeo* o di *fascio bulbo-talamico II*.

(2) Il Cajal (1895), che per primo vide questi fasci, li interpretò a torto come una via cerebellare discendente (*Manojo cerebeloso descendente lateral*) il nome usato nel testo fu introdotto dal Breuer e dal Marburg (1902).

III. ~ Struttura della midolla allungata considerata nell'insieme

Il bulbo è un organo oltremodo complicato e certo molto più complicato della midolla spinale; la maggiore complicità anatomica è in rapporto con il grande valore fisiologico.

La sostanza grigia per la massima parte forma la diretta continuazione di quella della midolla spinale, ma in parte è sostanza grigia speciale, di cui manca ogni traccia nella midolla. Lo strato grigio corticale nel bulbo contiene accumuli di cellule funicolari (nuclei arcuati, nuclei prefontinali) che mancano nella midolla spinale. La sostanza grigia interna si divide in cinque colonne (zona grigia centrale, zone grigie anteriori e zone grigie posteriori), delle quali la centrale e le posteriori sono lunghe quanto il bulbo, mentre le anteriori sono molto brevi; queste colonne contengono cellule radicolari (somatiche e viscerali), cellule funicolari ordinarie e cellule sensitive (pure somatiche e viscerali), non formanti serie ininterrotte lungo tutto il bulbo, ma raccolte in gruppi che costituiscono i nuclei di origine dei nervi motori somatici e viscerali (se sono formati da cellule radicolari) ed i nuclei terminali dei nervi sensitivi somatici e viscerali (quando sono costituiti da cellule sensitive). Quindi non è che le colonne grigie si frammentino in tanti pezzi quanti sono i nuclei suddetti (come si legge in quasi tutti i libri di neurologia), ma conservandosi integre le colonne, le cellule radicolari e viscerali si raccolgono in nuclei; tra l'uno e l'altro dei nuclei appartenenti ad una medesima colonna la sostanza grigia contiene cellule funicolari ordinarie. Del resto tra un nucleo ed il successivo non vi è mai limite netto e spesso tra due nuclei contigui le cellule dell'uno sono mescolate con quelle del vicino. Potremo quindi asserire che *la netta delimitazione dei nuclei del bulbo quale viene ammessa dagli anatomici è solamente immaginaria.*

Il carattere anatomico e fisiologico delle varie parti, nelle quali si divide la sostanza grigia della midolla spinale, nel bulbo è solo parzialmente conservato; infatti mentre le teste delle colonne anteriori e posteriori midollari si continuano con zone di struttura corrispondente, invece la sostanza grigia centrale della midolla spinale si continua con una zona bulbare ricca di cel-

lule radicolari e sensitive, elementi mancanti nella sostanza grigia centrale midollare.

Adunque nel bulbo si trovano molte cellule sensitive, elementi scarsi nella midolla spinale; essi oltre al formare i nuclei terminali dei nervi sensitivi del bulbo, producono i nuclei terminali (nuclei del fascio gracile e del fascio cuneato) dei nervi sensitivi della midolla spinale. *La midolla allungata è quindi un centro sensitivo di grande importanza*; non costituisce però un centro terminale della sensibilità, perchè dai suoi nuclei sensitivi originano fibre che trasportano gli stimoli al cervello ed al cervelletto.

Oltre ai nuclei sensitivi speciali ora ricordati (nuclei del fascio gracile e di quello cuneato), il bulbo contiene anche altri nuclei particolari, cioè i nuclei olivari ed i nuclei paraolivari. La grande quantità di fibre che giungono e che partono da queste masse grigie ce ne testimoniano l'importanza e la direzione delle fibre ci dimostra che *i nuclei olivari coi nuclei paraolivari sono centri di associazione*; essi pongono in relazione soprattutto il tetto ottico (fascio tetto-olivare) con la corteccia cerebellare (fascio olivo-cerebellare) e con la sostanza motrice della midolla spinale (fascio olivo-midollare). Nel tetto ottico terminano vie ottiche; così questo centro visivo con l'interposizione delle olive è unito al cervelletto, che è un centro coordinatore dei movimenti, ed ai nuclei dei nervi che si distribuiscono alla muscolatura somatica.

Fra i nuclei principali del bulbo si può anche porre la *formazione reticolare, che per mezzo delle sue cellule funicolari costituisce un centro di associazione diffuso a tutto il bulbo*. Essa contiene anche cellule di altra specie (p. es. le cellule radicolari del nucleo ambiguo), ma queste si devono riguardare come continuazione di quelle delle zone grigie anteriori.

La sostanza grigia della midolla allungata è connessa a quella del resto del sistema nervoso centrale per mezzo di *vie esogene* e di *vie endogene*. Si possono suddividere in *vie proprie*, e sono quelle che terminano o che originano nel bulbo, ed in *vie non proprie*, costituite dalle vie che semplicemente attraversano il bulbo; queste sono le vie che servono a porre in relazione la midolla spinale coi segmenti sopra bulbari dell'encefalo. Tanto le vie esogene che le endogene si possono poi anche dividere in base al loro cammino in *vie ascendenti* ed in *vie discendenti*.

Le vie esogene e le vie endogene sono costituite dai sistemi di fibre indicati nelle seguenti tabelle:

Tabella I

Vie esogene proprie

1. Vie discendenti	a)	Via telencefalo-bulbare	Fibre cortico-bulbari
	b)	Via diencefalo-bulbare	Fibre talamo-olivari
	c)	Via mesencefalo-bulbare	{ Fibre rubro-bulbari
			{ Fascie. longit. poster.
			{ Fibre tetto-bulbari (?)
	d)	Via metenc.-bulb. {	Via ponto-bulbare Fibre reticolo-bulbari
			{ Fibre cerebello-olivari
		Via cerebello-bulb. {	Fibre cereb.-tegment. del bulbo
2. Vie ascendenti	a)	Fascio gracile e cuneato	
	b)	Via midollo-bulbare	{ Fibre midollo-olivari Fibre midollo-vestb.(?)
3. Vie di origine gangliare	a)	Fascio solitario	
	b)	Radice discendente del trigemino	
	c)	Radice discendente del vestibolare	

Tabella II

Vie esogene non proprie

1. Vie discendenti	a)	Via telencefalo-midollare.	Fascio cortico-midollare
	b)	Via diencefalo-midollare.	Fibre talamo-midollari
	c)	Via mesencefalo-midollare	{ Fascio rubro-midollare
			{ Fascie. longitud. poster.
			{ Fibre tetto midollari (?)
	d)	Via metencefalo-midollare	{ Fibre reticolo-midollari
			{ Fibre cerebello-midollari
2. Vie ascendenti	a)	Via midollo-diencefalica.	Fibre midollo-talamiche
	b)	Via midollo-mesencefalica.	Fibre midollo-tettali
	c)	Via midollo-metencefalica	{ Fascio mid.-cerebell. ant.
			{ Fascio mid.-cereb. poster.

Tabella III

Vie endogene

I - Via discendente

	Fibre vestibolo-midollari
<i>Via bulbo-midollare</i>	Fibre reticolo-midoll. bulbari
	Fascio olivo-midollare
	Fibre funicolari sparse

II - Vie ascendenti

	Via bulbo-pontina	Fibre bulbo-pontine
a) <i>Vie bulbo-metencefal.</i>	Vie bulbo-cerebell.	Fascio bulbo-cerebell. propr. detto
		Fascio olivo-cerebellare
		Fascio vestibolo-cerebellare
		Fascio nucleo-cerebellare
b) <i>Vie bulbo mesencefaliche</i>		Fibre bulbo-tettali (?)
		Fibre di conness. tra i nuclei dei nn. motori (?)
c) <i>Via bulbo-diencefalica</i>		Fascio bulbo-talamico

III - Via intrabulbare

La presenza di queste molteplici vie ci dà ragione della grandissima importanza del bulbo; è noto che una lesione bulbare un po' estesa si accompagna alla morte.

Le vie nervose non sono più disposte secondo la legge della posizione eccentrica delle vie lunghe (cfr. pg. 226); invece si osserva che le vie provenienti dal cervello (via cortico-midollare e via cortico-bulbare) o che salgono ad esso (via bulbo-talamica) occupano il segmento anteriore del bulbo e formano fasci assai compatti; nel segmento posteriore si trova la sostanza grigia del bulbo insieme alle altre vie nervose. Perciò gli anatomici del XVIII Secolo distinsero nel bulbo (come in tutto il resto del tronco encefalico, che

ha la stessa struttura grossolana) due segmenti, uno posteriore o *callotta (cuffia)* e l'altro anteriore o *piede*.

Le fibre, che formano la sostanza bianca del bulbo, decorrono o longitudinali o trasversali od oblique; molte di quelle delle due ultime specie passano dalla metà destra alla sinistra del bulbo o viceversa e così producono lungo il piano sagittale mediano un fitto intreccio o *rafe*. Le fibre trasversali in gran parte decorrono parallele alla faccia anteriore ed alle faccie laterali del bulbo; per conseguenza hanno cammino arcuato con la convessità volta in avanti e ad esse si dà quindi il nome di *fibre arcuate od arciformi*. Non va dimenticato che *questa denominazione non indica una specie particolare di fibre, ma designa tutte le fibre trasversali del bulbo, qualunque sia la loro natura*; così, per esempio, sono arciformi fibre sensitive del fascio bulbo-talamico che vanno verso l'incrociamiento sensitivo e sono pure arciformi fibre motrici cortico-bulbari che vengono a terminare ai nuclei motori del bulbo. Ho voluto por bene in chiaro quale significato si deva attribuire alla suddetta denominazione, perchè in parecchi libri di anatomia è ripetuto l'errore di riguardare le fibre arciformi come fibre speciali del bulbo.

Considerate *topograficamente* le fibre arcuate si dividono in *esterne o superficiali* ed in *interne*. Le esterne si suddividono in *anteriori* ed in *posteriori*, secondo che decorrono sulla faccia anteriore o sulla faccia posteriore del bulbo. Le interne si suddividono in *pretrigeminali*, *intertrigeminali* e *retrotrigeminali* rispetto alla loro situazione con la radice discendente del trigemino e col suo nucleo. Considerate invece *sistematicamente* le fibre rappresentano diverse specie di vie, come ho sopra asserito.

Anatomicamente riguardato, il bulbo ci si presenta come centro autonomo, come centro dipendente dai centri encefalici superiori e come nodo di molteplici vie che semplicemente l'attraversano. Esaminiamolo sotto ciascheduno di questi aspetti.

a) *Il bulbo è centro autonomo*, come la midolla spinale, in quanto in esso si possono compiere dei riflessi tra i nervi di senso che vi terminano ed i nervi di moto che traggono origine dalle sue cellule radicolari. La funzione autonoma risiede nella callotta del bulbo, perchè ivi si trovano i nuclei dei nervi mielencefalici. Senza voler qui fare una trattazione dei riflessi bulbari, perchè non sarebbe argomento adatto per un libro di anatomia, tuttavia voglio ricordare il riflesso della deglutizione, che si accom-

pagna alla suzione ed alla masticazione, e che è conservato sia nei neonati anencefali sia negli animali ai quali fu asportato tutto l'encefalo fino alla midolla allungata; ricordo pure i molteplici movimenti di natura riflessa che si accompagnano alla deglutizione e che sono governati dal bulbo, come l'arresto della respirazione e la chiusura dell'adito laringeo durante la deglutizione. Il riflesso gustativo è pure collegato alla funzione autonoma del bulbo; sia negli animali scerebrati che nei bambini anencefali si può vedere che l'introduzione nella bocca di sostanze amare determina un impedimento nella deglutizione. Ma del resto dove si appalesa in modo evidente la funzione autonoma del bulbo è nel centro della respirazione; questo centro, che probabilmente si trova in tutta la formazione reticolare (Gad e Marinesco), agisce in modo autoctono anche se il bulbo è separato da tutto il resto del sistema nervoso centrale, come si potè dimostrare sperimentalmente negli animali.

b) *Il bulbo è centro dipendente dal resto dell'encefalo* per mezzo delle molte vie che originando negli altri segmenti encefalici, vengono a terminare nella sostanza grigia mielencefalica. Abbiamo fatto notare come tanto il telencefalo, come il diencefalo, il mesencefalo ed il metencefalo inviino fasci al bulbo; fra tutti i più importanti sono quelli che provengono dalla corteccia cerebrale e dal cervelletto. Le fibre cortico-bulbari costituiscono la *via motrice di 1° ordine* del bulbo, paragonabile alla via motrice di I ordine della midolla spinale (cfr. a pg. 260); per mezzo di essa stimoli corticali vengono trasmessi alle cellule radicolari della midolla allungata. Le fibre cortico-bulbari almeno in parte s'incrociano nel rafe bulbare e per conseguenza gli stimoli corticali di una metà encefalica si distribuiscono alla metà opposta del bulbo; non sappiamo se, come accade per le cortico-midollari nella midolla spinale (pg. 231), fibre cortico-bulbari terminino nel bulbo senza incrociarsi. Insieme alla via motrice ora accennata si ha anche la *via motrice di 2° ordine*, che, come nella midolla spinale, è costituita da fibre le quali traggono origine da un nucleo (nucleo rosso) che è in connessione con la corteccia cerebrale. Probabilmente agiscono in questo senso anche le fibre talamo-olivari e reticolo-bulbari e, se veramente esistono, pure le fibre tetto-bulbari.

Dal cervelletto discendono due vie dirette, una certa cioè la via cerebello-tegmentale del bulbo, l'altra dubbia, cioè la via ce-

rebello-olivare; la prima è veramente cerebello-bulbare; la seconda, se proprio esiste, non lo è, perchè gli stimoli portati al nucleo olivare inferiore vengono dalle sue cellule trasmessi alla midolla spinale per mezzo del fascio olivo-midollare. Indirettamente il cervelletto può agire sui nuclei del bulbo con la interposizione del ponte del Varolio; vedremo infatti nel prossimo capitolo come al ponte discendano speciali fibre cerebellari e già sappiamo che fibre funicolari sparse pongono in rapporto ponte e midolla allungata.

c) *Il bulbo è il nodo delle molteplici vie che discendono dagli altri segmenti encefalici nella midolla spinale o che tengono il cammino inverso.* Non vi è bisogno di insistere sulla necessità che hanno tali vie di passare per il bulbo, posto tra la midolla spinale e gli altri segmenti encefalici. Molte di queste vie attraversano semplicemente il bulbo; alcune invece vi si interrompono. E tra queste ultime vanno ricordati in primo luogo *i fasci della via sensitiva di 1° ordine* della midolla spinale (fascio gracile e fascio cuneato) che terminano nei nuclei omonimi, dai quali originano nuove fibre, le bulbo-talamiche, che formano la continuazione della predetta via sensitiva. Ed anche nel bulbo, come nella midolla spinale, accanto alla via sensitiva predetta, troviamo una *via sensitiva di 2° ordine* che è costituita dalle fibre bulbo-cerebellari (nucleo-cerebellari) e dalle fibre bulbo-pontine, le quali terminano in centri che per mezzo di altre vie sono uniti alla corteccia cerebrale.

Rispetto ai rapporti dei nuclei del fascio cuneato e del fascio gracile ha grande importanza il fatto che essi trasmettono gli impulsi sensitivi provenienti dalla midolla spinale non solo al cervello per mezzo della via bulbo-talamica, ma anche al cervelletto per mezzo della via bulbo-cerebellare. Nel medesimo modo si comportano i nuclei sensitivi propri del bulbo; le impressioni sensitive a loro recate dai nervi sensitivi bulbari vengono trasmesse tanto al cervello (via bulbo-talamica) che al cervelletto (via nucleo-cerebellare). Il cervelletto si deve quindi riguardare come un centro a cui arrivano molteplici vie sensitive, in parte provenienti direttamente dalla midolla spinale (fasci midollo-cerebellari), in parte derivanti dal bulbo. Da esso (e lo vedremo meglio nel prossimo capitolo) originano molte vie discendenti che si pongono in connessione con le cellule radicolari, cioè con le cellule che innervano gli organi del movimento.

La importanza del cervelletto come centro di vie sensitive

è molto maggiore nei cranioti inferiori, nei quali le vie omologhe a quelle dei fasci gracili e cuneati della midolla spinale salgono quasi esclusivamente alla corteccia cerebellare (Sterzi, 1909).

IV - Struttura della tela coroidea

Come tutte le formazioni coroidi, la tela corioidea mielencefalica è costituita da uno strato fibroso, formato dalla pia madre, e da uno strato epiteliale, che rappresenta la parte nervosa e che, per mezzo delle tenie, si continua col tessuto nervoso e gliale del mielencefalo. Mentre nel sistema nervoso centrale la

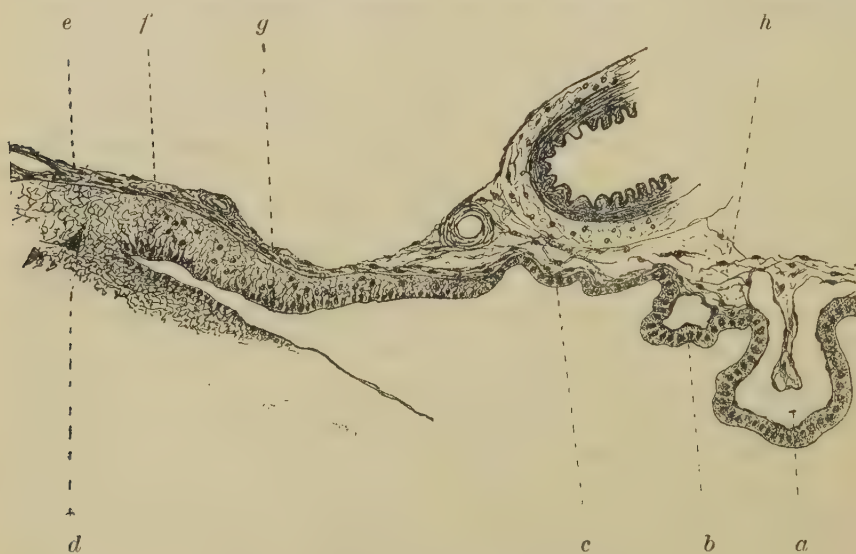


Fig. 250 — Struttura della tela coroidea mielencefalica (sezione trasversale della tela di un bambino di 9 anni: ingrand. = 160 D.). — *a*, sinusoide; *b*, villo corioideo col suo epitelio; *c*, zona di transizione con epitelio pavimentoso; *d*, cellula nervosa; *e*, pia madre; *f*, strato reticolare e *g*, strato endodermale della tenia mielencefalica; *h*, strato meningeo della tela corioidea.

pia madre si deve studiare separatamente dagli organi che essa riveste, nella tela corioidea non si può lasciarla completamente da parte a cagione degli intimi rapporti che prende con lo strato epiteliale. Noi ci limiteremo però ad esporre ora solo quel tanto che è caratteristico della pia madre della tela corioidea, riserbando di trattare di questa membrana nel capitolo delle meningi.

a) *Strato meningeo* — Si trova a contatto con l'epitelio senza che tra essi esista una membrana di basamento (fig. 250, e); è costituito da tre o da quattro piani di cellule connettive schiacciate, lamellari, sovrapposte l'una all'altra per mezzo dei loro margini; tra esse sono interposte esili lamine di sostanza fondamentale con fibrille connettive. Vi si notano anche scarse e sottili fibre elastiche. Lo strato meningeo in corrispondenza delle tenie si inspessisce per continuarsi con la pia madre che, come sappiamo, riveste tutta la superficie del mielencefalo.

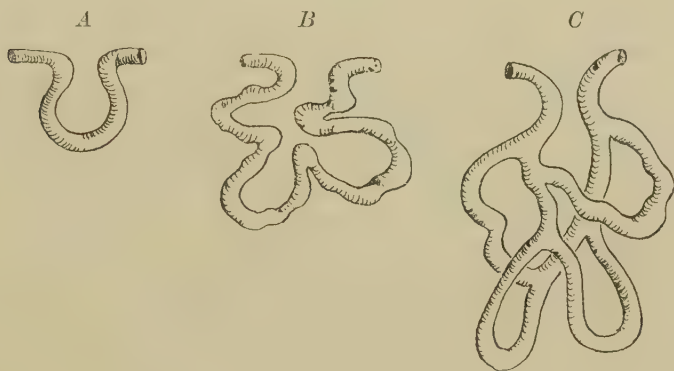


Fig. 251 — Le principali disposizioni dei vasi sanguiferi nei villi coroidei (Schema).

Sullo strato ora descritto decorrono numerosi vasi sanguiferi; alcuni sono vere arterie, altri vene e per la massima parte appartengono alla categoria dei *sinusoidi*. Con questo nome il Minot (1900) indicò vasi sanguiferi che hanno calibro di arteriuzze o di venuzze e pareti formate da un semplice endotelio, quindi simili a quelle dei capillari; si tratta in altri termini di capillari enormemente dilatati. I vasi meningei suddetti ed in special maniera i sinusoidi non decorrono solo sulla superficie o nello spessore della lamina meningeale, ma in corrispondenza dei plessi coroidei formano delle brusche piegature sporgenti verso la cavità ventricolare; queste pieghe costituiscono in tal modo dei villi, che sono appunto i *villi coroidei*. Ora i villi sono semplici (fig. 251, A), ora sono a grappolo (B), perchè il sinusoidale che li forma presenta varie piegature nel suo cammino o perchè il grappolo viene formato da più sinusoidi o da un sinusoidale ramificato (C). Tutte

queste specie di villi di solito non sporgono isolate dalla faccia ventricolare della tela, ma costituiscono delle sorta di grappoli appesi a peduncoli comuni.

I sinusoidi percorrono sempre la periferia del villo (fig. 251) e le anse, che essi formano, sono occupate da membranelle connettive; per ciò l'epitelio corioideo ora riposa sulle pareti dei sinusoidi (fig. 252, *s*) ed ora su queste membranelle (*m*); lo che ci spiega la complicata funzione di tale epitelio, come vedremo meglio tra poco. Le membranelle nelle sezioni dei villi (fig. 252) possono venire interpretate come membrane di basamento; in molti punti sono interrotte ed allora le cellule epiteliali, che rivestono le faccie opposte di un villo, sono tra loro ad immediato contatto.

Nelle membranelle ed attorno ai sinusoidi si trovano talvolta *cellule pigmentarie*; sono schiacciate e munite di corti e larghi prolungamenti. Poco frequente è la presenza di *cellule granulose* (Mastzellen dei Tedeschi); nel feto sono invece numerosissime (Pellizzi). Si trovano tanto attorno ai sinusoidi che sulle membranelle (fig. 252 *g*); quando queste mancano, possono trovarsi tra le cellule epiteliali. Il nucleo grande ed ellissoidale è circondato da abbondante citoplasma pieno di goccioline di grasso (in prevalenza formato da tripalmitina e da tristearina) e di gocce di acido grasso (che non sembra acido oleico: Pellizzi). Le cellule granulose scompaiono alla fine della vita fetale ed al principio della vita estrauterina; sembrano di origine ematogena; è dubbio se abbiano funzione mielogenetica, cioè se producano sostanze grasse che attraverso all'epitelio corioideo passano nel liquido encefalo-midollare dei ventricoli encefalici, oppure se siano cellule esportatrici o distruttrici di prodotti regressivi provenienti dal liquido predetto o derivanti dall'attività catabolica dell'epitelio corioideo (Pellizzi).

Attorno ai sinusoidi è posto un plesso di fibre nervose mieliniche ed amieliniche, il quale si continua coi plessi che circondano le vene encefaliche. Oltre a questo plesso, che con ogni probabilità è di natura simpatica, nella tela corioidea si osservano altre fibre nervose, pure in parte mieliniche ed in parte amieliniche, decorrenti nella porzione profonda dello strato meningeo, ad intimo contatto con l'epitelio (Chworrestuchin); ho potuto constatarne la presenza in frammenti di tela corioidea di cane e di coniglio asportati subito dopo la morte dell'animale e colorati con bleu di metilene. Questè fibre sembrano disporsi anch'esse

in plessi; non sono in grado di dire se siano dipendenti dalle fibre perivasali sopra ricordate; i loro rapporti con l'epitelio mi fanno pensare che abbiano importanza nella funzione di esso.

b) Epitelio coroideo — Lo strato epiteliale della tela coroidea mielencefalica presenta struttura diversa in corrispondenza delle parti piane ed in corrispondenza dei villi coroidei (fig. 250).

In corrispondenza delle parti nelle quali la tela è liscia, come tra i plessi coroidei dei due lati oppure tra ogni plesso e la tenia (fig. 250, *c*), l'epitelio è pavimentoso. Viene costituito da cellule basse, che in superficie mostrano aspetto poligonale, con citoplasma leggermente ed uniformemente granuloso e con nucleo ellittico o rotondo. Verso le tenie questo epitelio si continua gradatamente con l'ependima che ne riveste la faccia ventricolare (fig. 250, *g*); le cellule diventano più alte, la loro faccia esterna comincia a presentare dei prolungamenti che si intrecciano tra loro costituendo un reticolo gliale; poi questo a poco a poco diventa più spesso e compaiono nel suo interno cellule di neuroglia (fig. 250); così si passa alla tenia completamente costituita, nella quale si possono distinguere due strati, uno interno, ependimale (*g*), e l'altro esterno, gliale (*f*). Non vi è limite preciso e regolare tra le tenie mielencefaliche e la tela coroidea, ma si passa gradatamente da quelle a questa; tale limite sarebbe indicato dalla linea in corrispondenza della quale cessa il reticolo gliale e rimane il solo epitelio coroideo; si deve avvertire che questo limite non è indicato da una linea regolare, ma da una linea molto frastagliata, come si può constatare nelle sezioni in serie. Talvolta sopra alle cellule epiteliali si osservano piccole aree di tessuto gliale separate da quello della tenia; questo fatto si verifica sempre in vicinanza del limite suddetto e dipende dalla irregolarità del limite stesso.

In corrispondenza dei villi coroidei l'epitelio è cubico (fig. 250, *b*); dall'epitelio pavimentoso delle zone lisce della tela coroidea all'epitelio cubico dei villi si passa rapidamente con l'interposizione di poche cellule di transizione (fig. 250). Le cellule cubiche non mostrano limiti precisi tra l'una e l'altra; spesso tra cellula e cellula si osservano spazi, che non arrivano però mai fino alla superficie libera dell'epitelio; tali spazi non sono quindi in diretta comunicazione con la cavità ventricolare, ma ne rimangono separati per mezzo di un ponte citoplasmatico

più o meno grosso. Alcuni autori (Francini) ritengono tali spazi come prodotti artificiali.

Le cellule contengono un nucleo ovale con l'asse principale disposto come quello della cellula; il nucleo è avvicinato alla superficie cellulare volta verso la meninge (fig. 252); la cromatina vi costituisce un intreccio irregolare e poco fitto, nel quale sono sparse senza ordine piccole granulazioni; nel succo nucleare si osservano esili spazi sferoidali, posti di solito vicino ai nucleoli, privi di granuli e di filamenti cromatici (Pellizzi).

Il citoplasma è abbondante ed a primo aspetto sembra omogeneo; contiene anch'esso granulazioni, che hanno dimensioni e proprietà chimiche diverse secondo le varie fasi dell'attività cellulare; nel citoplasma si trova l'apparato reticolare interno, costituito ora da un filamento unico, per lo più da parecchi filamenti anastomizzati in modo da produrre un reticolo (G. Biondi).

Come è ormai bene dimostrato per le indagini di numerosi autori, queste cellule hanno una funzione secretoria e si possono considerare come simili alle cellule glandulari; le loro modificazioni citologiche vennero studiate sia in condizioni normali, sia eccitandone sperimentalmente l'attività (iniezioni sottocutanee di pilocarpina, di atropina, di veleni batterici ecc. — Francini, Pellizzi, ecc). Si è constatato che nella cellula che incomincia a funzionare il citoplasma contiene granuli molto piccoli e diffusi senza ordine, i quali mancano o scarseggiano in un sottile alone che circonda il nucleo; qualche autore (Galeotti) ritiene che essi sorgano nel nucleo ed attraversino l'alone citoplasmatico suddetto, passando così nel citoplasma granuloso; per altri autori (Chworrestuchin) i granuli provengono invece dal citoplasma e sono dovuti a modificazioni dei plastosomi (mitocondri), i quali si trovano in abbondanza nelle cellule all'inizio della loro funzione ed a questo momento si chiamano *granuli globoplastici* (Pellizzi).

Col progredire della funzione i granuli diventano più grossi e ciò avviene o per una combinazione chimica tra essi ed il citoplasma o perchè il succo citoplasmatico li imbeve e quindi li rigonfia; in seguito si trasformano in sfere o *globi*, formate da una sottile parete abbastanza resistente e da un contenuto liquido omogeneo: queste sfere si avvicinano a poco a poco alla superfi-

cie libera della cellula, attraversano la membrana cellulare che la riveste (fig. 253) e così cadono nel liquido encefalo-midollare che riempie il ventricolo mielencefalico (Obersteiner, Schl pfer). La massima parte delle sfere si rompe nell'attraversare la membrana cellulare; alcune per  arrivano intiere nel ventricolo e si vedono talvolta appese alla superficie libera delle cellule (fig. 252).

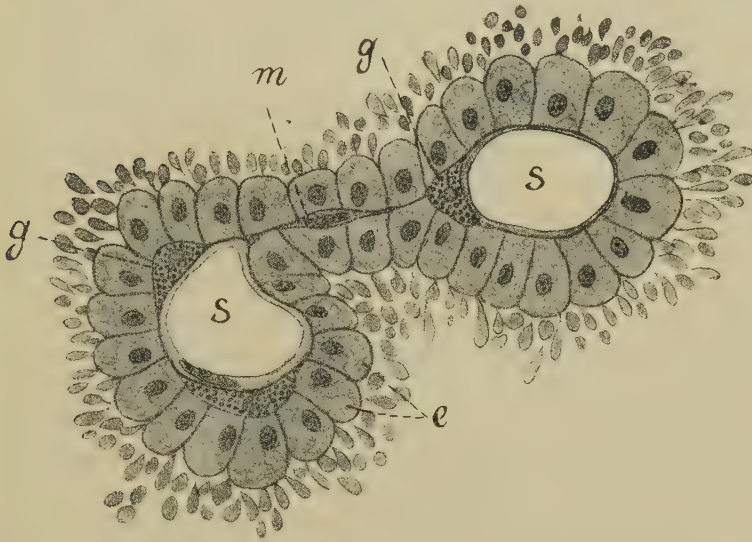


Fig. 252 — Sezione trasversale di un villo corioide (in un bambino di 30 giorni, morto per gastroenterite acuta). — *e*, epitelio corioide; *g*, cellule granulose; *m*, membranella con cellula connettiva; *s*, sinusoidi.

Le sfere presentano una parete di natura lipoidica: nel loro contenuto   diluita una sostanza proteica (glicoproteide) acida e per ci  basofila, ci  una mucina (Pellizzi). La funzione secretoria dell'epitelio corioide   molto manifesta nel periodo inoltrato della vita intrauterina e subisce un temporaneo aumento alla nascita (Francini); va progressivamente diminuendo dopo la nascita fino a che scompare del tutto.

Oltre alle granulazioni secretorie, nelle cellule in questione si osserva quasi costantemente un grosso granulo di lecitina, sostanza grassa che trovasi in abbondanza nel tessuto nervoso (Obersteiner); nel citoplasma dell'adulto sono stati anche trovati acidi grassi (Pellizzi), granuli di glicogeno (Yoshimura), granulazioni lipocromiche (Pellizzi).

Le *cellule dei villi coroidei secernono adunque delle sostanze ancora ignote che si versano nel ventricolo mielencefalico*. Non sappiamo se i villi coroidei degli altri ventricoli secernano sostanze perfettamente identiche, ma è certo che anch'essi secernono. Qualche autore (Obersteiner) ritiene che tutto il liquido encefalo-midollare sia prodotto dall'attività dell'epitelio dei villi coroidei; le indagini anatomico-comparative mi fanno invece ritenere come più probabile che il liquido encefalo-midollare trasudi da tutte le pareti dei ventricoli e che i plessi coroidei versino in esso un particolare secreto.

La funzione delle cellule dei villi è resa possibile per gli intimi rapporti che passano tra il loro citoplasma ed il sangue circolante. I sinusoidi, che penetrano nei villi, hanno pareti capillari, formate cioè da cellule endoteliali molto appiattite; le cellule dei villi s'inseriscono direttamente su queste pareti, cosicchè tra il loro citoplasma ed il sangue circolante è interposta solo la sottilissima membrana che forma le pareti dei sinusoidi, attraverso alla quale sono facili gli scambi osmotici. Però una parte delle cellule epiteliali non hanno rapporti diretti coi vasi sanguiferi, essendo inserite sulle membranelle interposte tra i sinusoidi; forse il plasma sanguigno giunge ad esse scorrendo lungo queste membranelle.

Non è raro vedere granuli calcarei nei villi coroidei del mielencefalo; si trovano già nel bambino (Pellizzi) e sono più grossi nell'età avanzata; si costituiscono per il depositarsi di sali calcarei nel tessuto connettivo che è interposto tra i sinusoidi dei villi; questi granuli talvolta mostrano una disposizione concentrica. Non vanno confusi con la calcificazione dei sinusoidi, che s'incontra molto frequentemente nell'adulto (Obersteiner).

Granulazioni di acidi grassi, di lipoidi e di lipocromo si osservano pure con frequenza nelle pareti dei sinusoidi e nelle cellule connettive dei villi umani (sono meno numerose negli altri mammiferi); si tratta di prodotti regressivi che con ogni probabilità provengono dal liquido encefalo-midollare (Pellizzi). Nella vecchiaia molte cellule dell'epitelio corioideo presentano una degenerazione granulo-grassosa.

Tra le cellule epiteliali e lo strato meningeo sono state descritte cellule di nevroglia (Catola); non vanno confuse con le cellule connettive e granulose di cui facemmo menzione nelle pagine precedenti. Io sono riuscito ad osservarne alcune solo in vicinanza delle tenie; non credo che ne esistano nel resto della tela corioidea.

§ 4

Origine dei nervi mielencefalici

I nervi mielencefalici sono il *nervo ipoglosso*, il *nervo spinale*, il *nervo vago*, il *nervo glosso-faringeo* ed il *nervo vestibolare*; sebbene terminino parzialmente nella midolla allungata anche il nervo cocleare ed il nervo trigemino, li studieremo col metencefalo, perchè in questo segmento encefalico si trova la maggior parte dei loro nuclei.

Nervo ipoglosso

È un nervo motore somatico; quindi la sua origine reale è intraencefalica (pg. 125).

Origine apparente — Il nervo ipoglosso (1) esce dalla midolla allungata per mezzo di 10-15 radicole, situate l'una sotto all'altra nel solco preolivare (fig. 253, *L*); queste radicole confluiscono in due od in tre fasci che di solito si fondono in un solo tronco al momento o poco prima di penetrare nel condotto condiloideo anteriore. La radicola superiore si trova a 4-5 mm. di distanza dal solco bulbo-pontino; l'inferiore corrisponde circa all'estremità inferiore del solco preolivare.

Varietà — Le radicole più alte possono originare perfino dal solco bulbo-pontino; le più basse si possono trovare in prossimità del limite tra midolla spinale e bulbo. In questo caso la radicola inferiore può contenere fibre dell'ipoglosso e fibre del I nervo cervicale (Beck), le quali ad un determinato momento si separano le une dalle altre per andare ai nervi rispettivi. Qualche radicola o alcune fibre di qualche radicola possono originare davanti al solco preolivare, cioè dalla piramide bulbare, oppure dietro al solco, ossia dall'oliva. Sono stati osservati casi di ori-

(1) Il nome *hypoglossus* fu introdotto dal Winslow (1669-1760) ed è un barbarismo da *hypoglotticus*. Il nervo ipoglosso era già noto a Galeno, che lo indicava come 7° nervo encefalico e ne conosceva la funzione motrice. Sinonimia: *Nervus lingualis medius* (Haller, Sömmerring), *Neuron hyo-glossianum* (Chaussier), *XII paio encefalico* (cfr. a pg. 339).

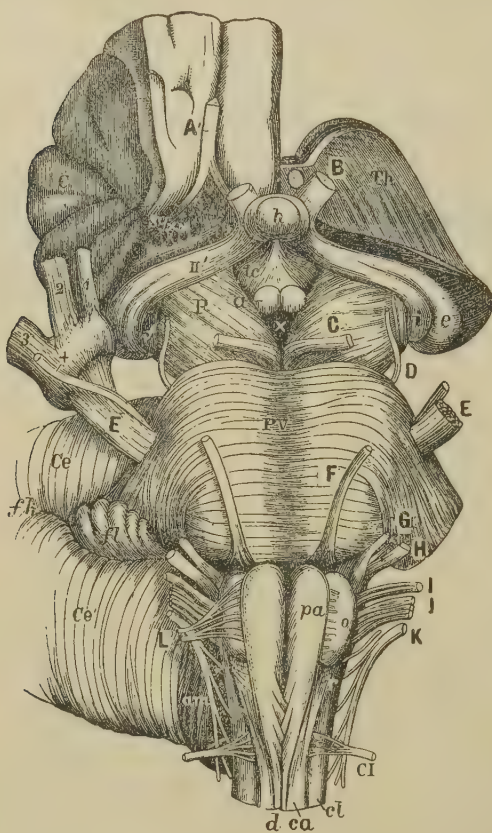


Fig. 253 — Il bulbo, il ponte ed i peduncoli cerebrali veduti dalla faccia anteriore, con le origini apparenti dei nervi encefalici (dallo Schwalbe). — *a*, corpi mammillari; *am*, lobulo tonsillare del cervelletto; *ca*, cordone anteriore e *cl*, cordone laterale della midolla spinale; *d*, fessura midollare; *e*, *i*, corpi genicolati; *fh*, scissura orizzontale del cervelletto; *fl*, flocculo cerebellare; *h*, ipofisi; *o*, oliva bulbare; *pa*, piramide bulbare; *tc*, tubercolo cinereo; *x*, spazio interpeduncolare; *A*, benderella olfattoria; *B*, nervo ottico; *C*, nervo oculo-motore; *Ce*, *Ce*, cervelletto; *Ci*, nervo cervicale I; *D*, nervo trocleare; *E*, *E*, nervi trigemini; *F*, nervo abducente; *G*, nervo facciale; *H*, nervo acustico; *I*, nervo glosso-faringeo; *J*, nervo vago; *K*, nervo spinale; *L*, nervo ipoglosso; *P*, peduncolo cerebrale; *Pv*, ponte; *Sg*, spazio perforato anteriore; *Th*, talamo ottico; *1*, *2*, *3*, i tre rami del nervo trigemino che escono dal ganglio del trigemino; *II'*, tratto ottico.

gini aberranti del nervo assai strane (ad es. dalla parete anteriore del ventricolo mielencefalico: Rüdinger).

Il nervo ipoglosso, oltre alle radicole sopra descritte, può presentare anche una radicola posteriore, che ha il significato delle radici sensitive dei nervi spinali; in tal caso il nervo ipoglosso non è più un nervo prettamente motore, come normalmente, ma è un nervo misto. La presenza di questa *radice sensitiva dell'ipoglosso* nell'uomo è molto rara (Mayer, Arnold, Vulpian, W. Krause, Chiarugi). Per lo più si comporta come se fosse una radice del nervo spinale (Kazzander) e mostra sempre un piccolo ganglio lungo il suo decorso; di solito origina dalla faccia laterale del bulbo presso al limite inferiore e quindi vicino alla radice posteriore del I nervo cervicale, onde venne considerata come radicola posteriore aberrante del I nervo cervicale (Arnold); l'anatomia comparata di-

mostra però che si tratta di una varietà, che rappresenta una disposizione normale in altri mammiferi (carnivori, artiodattili). Invece che dalla midolla allungata, la radice posteriore dell'ipoglosso può anche originare insieme alla radice posteriore del I nervo midollare e quindi dalla midolla spinale (Chiarugi in un bambino di due anni).

Origine reale — L'ipoglosso origina da un nucleo, che ha

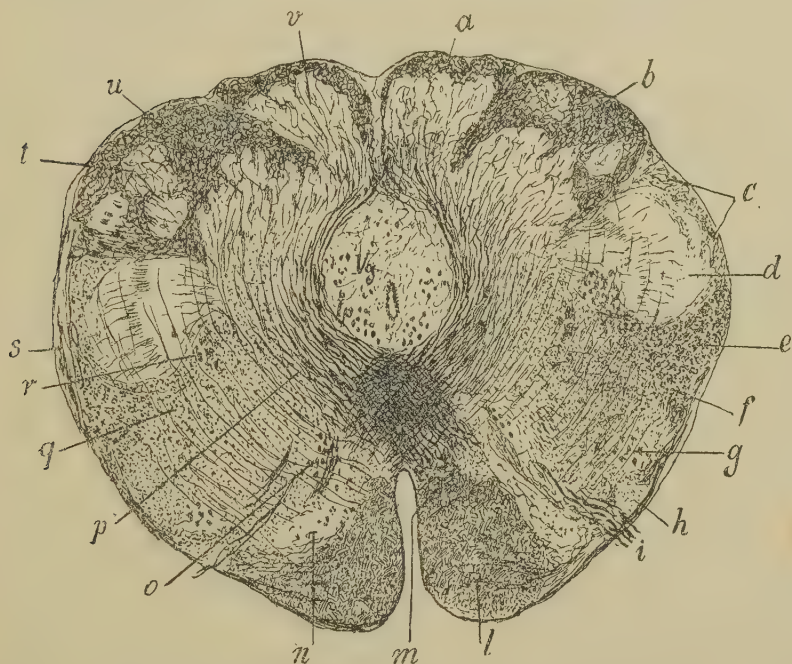


Fig. 254 — Struttura del mielencefalo, in una sezione trasversale fatta nel mezzo tra il polo inferiore dell'oliva e l'origine apparente delle radici anteriori del I paio di nervi cervicali (uomo di 39 anni; metodo del Weigert). — *a*, fascio gracile; *b*, fascio cuneato; *c*, radice discendente del trigemino; *d*, suo nucleo; *e*, fascio midollo-cerebellare posteriore; *f*, fascio midollo-cerebellare anteriore; *g*, nucleo del fascio laterale; *h*, fascio olivo-midollare; *i*, nervo ipoglosso; *l*, via cortico-midollare; *m*, fascio bulbo-talamico; *n*, nucleo olivare accessorio anteriore; *o*, nucleo del nervo spinale; *p*, fibre arciformi interne; *q*, fascio rubro-midollare; *r*, fascicolo piramidale aberrante di Henle-Pick; *s*, fibre arciformi esterne anteriori; *t*, porzione laterale del nucleo del fascicolo cuneato; *u*, porzione mediale del predetto nucleo; *v*, nucleo del fascicolo gracile; *Ip*, nucleo dell'ipoglosso; *Vg*, nucleo dorsale motore del vago.

il nome di *nucleo dell'ipoglosso*. Molti autori considerano come origine reale dell'ipoglosso anche il nucleo del funicolo terete (pg.

423) ed il nucleo intercalato (pg. 422), ma a torto, perchè questi due nuclei non contribuiscono affatto alla formazione delle radici dell'ipoglosso; il nucleo intercalato è un nucleo vestibolare (pg. 422) ed il nucleo del funicolo terete ha significato ancora oscuro. Un altro nucleo che viene descritto come nucleo accessorio dell'ipoglosso e che impropriamente porta questa denominazione è il nucleo del Roller (pg. 417); io non sono mai riuscito a vedere neppure un solo neurite delle cellule di tale nucleo contribuire alla formazione dell'ipoglosso e concordo quindi con quegli autori che non lo considerano come nucleo di questo nervo.

Il nucleo dell'ipoglosso si trova nella zona grigia centrale (pg. 416); è lungo 12.3 mm, largo 2.2 mm (Streeter). In parte si estende davanti al condotto mielencefalico, in parte nella parete anteriore del ventricolo mielencefalico, onde lo si può dividere in una porzione extraventricolare ed in una porzione ventricolare (pg. 416; fig. 223). La prima è lunga 5.3 mm., la seconda 7 mm. La porzione extraventricolare (fig. 254, *Ip*) si trova davanti al nucleo dorsale motorio del vago (*Vg*) ed è in rapporto con l'incrocciamento delle piramidi e con l'incrocciamento sensitivo; la porzione intraventricolare produce nella parete anteriore del ventricolo quella sporgenza che abbiamo chiamata eminenza mediale del trigono dell'ipoglosso (pg. 402, fig. 219). Sappiamo che le cellule del nucleo sono radicolari somatiche e ne conosciamo anche i caratteri principali (pg. 416). In mezzo a queste cellule si trova un fitto intreccio di terminazioni neuritiche e dendritiche, paragonabile a quello che si osserva nei nuclei dei nervi motori dell'occhio (Edinger); decorrono tra esse anche molte fibre midollate (*fibre proprie del nucleo*: Edinger).

Il nucleo dell'ipoglosso è costituito da vari gruppi di cellule, ben distinti in special modo nella porzione intraventricolare (pg. 416); è probabile che corrispondano ai vari muscoli innervati dall'ipoglosso, ma gli autori non sono ancora d'accordo sulla distinzione dei gruppi e sulla loro singola azione. Secondo quanto ho potuto constatare in due serie complete ed in altri preparati, mi sembra che la disposizione più frequente sia quella nella quale i gruppi sono tre, uno laterale, uno antero-mediale e l'altro postero-mediale (Goldstein e Minea, Mingazzini e Polimanti). Il laterale darebbe origine alle fibre che innervano i muscoli laterali della lingua e specialmente il m. io-glosso;

l'antero-mediano innerverebbe il muscolo genio-glosso, il postero-mediano il muscolo genio-joideo (Goldstein e Minea). In altri casi ho osservato invece due gruppi di cellule, uno anteriore e l'altro posteriore, e quest'ultimo in parte suddiviso in due segmenti, uno mediale e l'altro laterale; questa disposizione concorda con quella data come tipica dallo Jacobsohn. In sezioni longitudinali del mielencefalo non ho mai potuto constatare una suddivisione del nucleo dell'ipoglosso in questo senso.

I neuriti delle cellule dell'ipoglosso in corrispondenza della porzione extraventricolare volgono in avanti e di lato verso l'origine apparente (fig. 254, *i*); nella porzione intraventricolare volgono in dietro, raggiungono l'ependima ed allora si ripiegano in avanti, per andare verso l'origine apparente, costituendo così curve a convessità posteriore più o meno ampie. L'insieme delle fibre a decorso ricorrente e delle loro curve contribuisce a formare uno strato di fibre midollate che, a guisa di cappuccio, copre posteriormente il nucleo dell'ipoglosso (fig. 235, *b*); ha il nome di *cappa del nucleo dell'ipoglosso*.

La cappa maschera completamente il nucleo dell'ipoglosso dal lato del ventricolo mielencefalico (fig. 262); per conseguenza l'eminenza mediale del trigono dell'ipoglosso (pg. 402) è di colore bianco.

Le fibre del nucleo volgono tutte verso la origine apparente del medesimo lato; alcuni autori ammettono che alcune fibre si incrocino nel rafe, ma questo fatto è molto discutibile. Raccolte in piccoli fasci (fig. 254), attraversano la formazione reticolare bianca, passando subito di lato al fascicolo longitudinale posteriore, alle fibre tetto-bulbari e tetto-midollari ed al fascio bulbo-talamico (fig. 261, *f, h*) e medialmente all'oliva e poi, scorrendo tra l'oliva ed il fascio piramidale, volgono verso il solco preolivare (fig. 261). Non sempre rispettano l'oliva, spesso anzi l'attraversano; altrettanto deve dirsi per i nuclei paraolivari. Qualche radicola può attraversare la parte laterale del fascio piramidale. In generale i fasci dell'ipoglosso hanno decorso trasversale e quindi nelle sezioni trasverse del bulbo si vedono per un lungo tratto; però i fasci superiori sono obliqui in basso e gli inferiori hanno decorso opposto ai precedenti, e per conseguenza il loro cammino non può venire determinato che dall'esame di sezioni in serie.

Le connessioni del nucleo dell'ipoglosso sono di varia specie.

Anzitutto il nucleo riceve senza dubbio fibre cortico-bulbari; provengono dalla parte opercolare del lobo frontale della corteccia telencefalica, discendono sino al bulbo insieme alle altre fibre cortico-bulbari e cortico-midollari (fascio piramidale) e poi vengono a terminare nel nucleo. Nel ponte le fibre cortico-bulbari dell'ipoglosso formano la parte mediale del fascio piramidale; nel bulbo esse volgono in dietro, s'incrociano sulla linea mediana (coloro che ammettono nell'ipoglosso fibre incrociate, ritengono che l'incrociamiento delle sue vie cortico-bulbari sia solo parziale) e quindi penetrano nel nucleo ove terminano. Le fibre si comportano come fibre arciformi, salgono lungo il rafe come fibre rette, circondano spesso il fascio solitario e poi penetrano nel nucleo; tale penetrazione avviene da vari lati, ma specialmente dal lato anteriore (Mingazzini).

Uno speciale fascio piramidale che va all'ipoglosso è quello che abbiamo già accennato (pg. 405) col nome di *fascicolo pontino laterale* e che meglio descriveremo nel ponte. Esso decorre medialmente al fascio bulbo-talamico e discende dal ponte nel bulbo, essendo costituito in questo tratto del suo cammino da fibre cortico-bulbari tutte destinate al nucleo dell'ipoglosso.

Una seconda connessione è quella tra il nucleo dell'ipoglosso ed i nuclei sensitivi del vago e del glosso-faringeo. La maggior parte degli autori ritiene che dalle cellule di questi nuclei originino dei neuriti o più probabilmente che dai loro neuriti provengano delle collaterali che, attraverso alla formazione reticolare, convergono radialmente verso il nucleo dell'ipoglosso; si tratterebbe quindi di archi riflessi simili a quelli che abbiamo descritto tra le radici posteriori e le radici anteriori dei nervi spinali. Alcuni credono invece che tali connessioni si stabiliscano in modo del tutto diverso; infatti ammettono che dal nucleo dell'ipoglosso originino fibre (motrici) le quali salgono verso i nuclei sensitivi del vago e del glosso-faringeo e, senza interrompersi in questi nuclei, si accompagnano alle fibre che emanano da essi, contribuendo così a costituire il vago ed il glosso-faringeo (Clarke, Bruce, Mingazzini, Tricomi-Allegra, Geronzi, ecc.); le fibre ipoglossali del vago andrebbero ai muscoli del velopendolo e così verrebbe spiegata la paralisi di questi muscoli che accompagna la paralisi linguale nella lesione del nucleo dell'ipoglosso. Questo speciale decorso delle fibre dell'ipoglosso è ancora molto discutibile e non esclude la possibilità della connessione sensitiva

accennata sopra; per alcuni quest'ultima si estenderebbe anche ai nuclei del trigemino sensitivo.

I nuclei dell'ipoglosso sono in connessione sia per mezzo dei dendriti delle loro cellule che attraversano il rafe (*commessura protoplasmatica dell'ipoglosso* del Van Gehuchten e del Cajal: cfr. pg. 416), sia per mezzo di collaterali; qualche autore (Betsherev) ritiene che la commessura sia invece formata dai neuriti di vere cellule commessurali, che sarebbero mescolate alle radicolari somatiche entro ai nuclei.

Infine il nucleo dell'ipoglosso presenta delle connessioni ancora male conosciute, formate da fibre decorrenti nel cappuccio che copre il nucleo nella sua porzione ventricolare e del quale ho fatto menzione nelle pagine precedenti. In mezzo alle fibre arcuate di tale cappuccio si trovano fibre longitudinali che percorrono per lungo tratto la parete ventricolare e che si estendono anche nel ventricolo metencefalico. Sembra che molte di esse siano semplici fibre di associazione tra i vari piani del nucleo, e queste meritano quindi il nome di *fibre proprie del nucleo dell'ipoglosso* (Koch); le altre, che si estendono oltre il nucleo, hanno significato incerto e forse in parte sono fibre piramidali che terminano nel nucleo dell'ipoglosso (Mingazzini e Polimanti) ed in parte hanno l'ufficio di porre in rapporto il nucleo con gli altri nuclei motori del ponte e del mesencefalo. Infatti tali fibre formano la porzione inferiore, di un fascio che percorre tutta la parete anteriore del IV ventricolo e che giunge fino al diencefalo, essendo sempre situato ai lati del solco mediano di tale parete e che ha il nome di *fascicolo longitudinale dorsale dello Schütz* (da non confondere col fascicolo longitudinale posteriore studiato con la sostanza bianca del bulbo); tale fascicolo (fig. 263, c) sarebbe un vero e proprio fascio di associazione dei nuclei motori encefalici.

Siccome le lesioni dell'ipoglosso si accompagnano ad alterazioni funzionali del muscolo orbicolare delle labbra, si ritiene da alcuni (Gowers) che il nucleo dell'ipoglosso invii fibre anche a questo muscolo, le quali salirebbero fino al ponte ed uscirebbero da esso insieme alle fibre del facciale; altri (Mingazzini) ritengono invece che vi siano delle vie di associazione che dal nucleo dell'ipoglosso terminano ponendosi in rapporto con quelle cellule del nucleo del facciale che provvedono alla innervazione del muscolo predetto.

Il nucleo dell'ipoglosso dà origine a fibre che direttamente od indirettamente innervano i muscoli indicati nella tabella seguente:

M. genioioideo						direttam. dal tronco del nervo
Mm. sottoioidei	{	m. sternotiroideo.				dall'ansa dell'ipoglosso
		m. tiroioideo				
		m. sternoioideo.				
		m. omoioideo				
Mm. linguali	{	/ m. genioglosso . .				direttamente dal tronco dell'ipoglosso
		/ m. ioglosso . . .				
		/ m. condroglosso . .				
		/ m. stiloglosso. . .				
	{	/ m. longitud. inferiore				
		/ m. longitud. superiore				
		/ m. trasverso d. lingua				
		/ m. verticale d. lingua				
Mm. del velo- pendolo	{	m. glosso-palatino (meno si-				fibre ipoglossali del vago
		cura è la innervazione dei mm.				
		elevator del velo palatino e fa-				
		ringo-palatino)				
M. orbicolare delle labbra.						?

Nervo spinale

Il nervo spinale (1) è un nervo motore come l'ipoglosso; quindi la sua origine reale si trova nell'interno del sistema nervoso centrale. (cfr. pg. 125). Differisce dall'ipoglosso perchè mentre questo è un nervo esclusivamente somatico, invece lo spinale è in parte somatico ed in parte viscerale.

(1) Sinonimia: *Nervo accessorio del vago* (Willis), *Nervo ricorrente*, *Paio spinale dei nervi encefalici*, *Nervo accessorio*, *XI paio encefalico* (cfr. a pg. 339-340), *Nervo vocale*, *Nervo respiratorio esterno superiore*.

Origine apparente — Il nervo spinale per piccola parte origina dal mielencefalo, mentre per la massima parte trae origine dalla porzione cervicale della midolla spinale (fig. 253, *k*; fig. 255, *r*) e poichè i suoi nuclei di origine sono in parte mielencefalici ed in parte midollari, non è un nervo prettamente encefalico, ma piuttosto un nervo midollo-encefalico. Questa origine dello spinale ci dà nuova prova della artificiosità della delimitazione anatomica tra mielencefalo e midolla spinale (cfr. a pg. 141).

Le radicole del nervo spinale sono 10-12 (fig. 255), delle quali 6-7 originano dalla midolla spinale e 4-5 dal bulbo; le prime sono più corte e più sottili.

Nella midolla spinale in basso emergono tra il solco laterale posteriore (da cui escono le radici posteriori dei nervi spinali) e la linea di

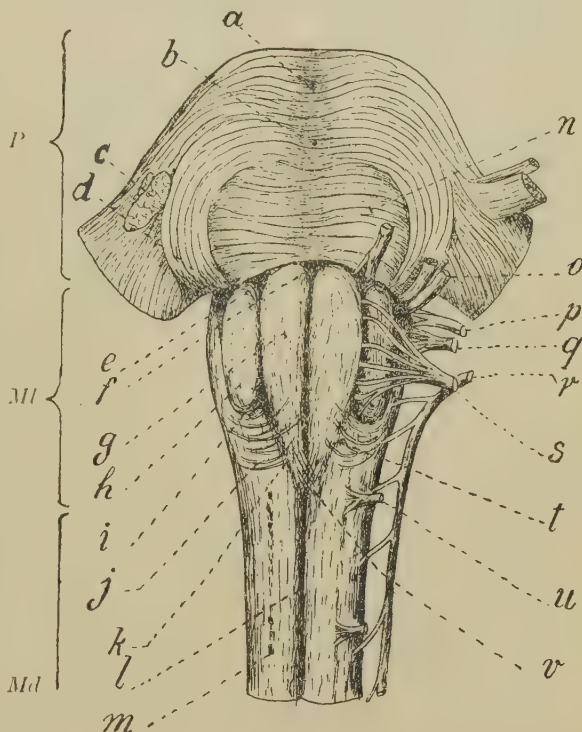


Fig. 255 — Mielencefalo e ponte, veduti dalla faccia anteriore (grand. natur.). — *P*, ponte; *MI*, mielencefalo; *Md*, midolla spinale; *a*, solco basilare; *b*, fasci superiori; *c*, nervo trigemino; *d*, fossetta postolivare; *e*, fossetta preolivare; *f*, foro cieco; *g*, piramide anteriore; *h*, oliva; *i*, riunione del solco preolivare col postolivare; *j*, fibre arciformi esterne; *k*, solco parapyramidale; *l*, fessura midollare; *m*, striscia radicolare anteriore; *n*, fasci inferiori del ponte; *o*, nervi acustico, intermedio e facciale; *p*, nervo glossofaringeo; *q*, nervo vago; *r*, nervo spinale; *s*, nervo ipoglosso; *t*, area parapyramidale; *u*, nervo cervicale I; *v*, incrocciamento piramidale.

inserzione alla pia madre del legamento denticolato. (cfr. a pg. 154). A misura che si sale in alto l'origine apparente delle radicole spinali si avvicina al solco laterale posteriore, cosicchè in corrispondenza del I° nervo cervicale queste radicole sono

situate immediatamente al davanti di quelle della radice posteriore di tale nervo ed è molto difficile separare le une dalle altre.

Nel bulbo le radicole dello spinale sotto all'oliva compaiono nella linea mediana della faccia laterale del bulbo ed in corrispondenza dell'oliva emergono dalla parte inferiore dell'area postolivare (fig. 255).

Le radicole midollari dello spinale non sempre sono simmetriche alle radicole dei nervi spinali; non sono neppure sempre simmetriche ai due lati. La radicola più bassa si trova a livello della origine apparente del VI nervo cervicale (tra il V ed il VII); ora corrisponde a questo segmento radicolare della midolla, ora ai segmenti interradicolari posti sopra o sotto ad esso. Le due radicole inferiori non sono poi quasi mai al medesimo livello. Le loro fibre si raccolgono in un tronco ascendente (fig. 255), che per ciò diventa più grosso a misura che sale in alto (*porzione midollare del nervo spinale*) e che ai lati del bulbo si unisce al tronco formato dalla riunione delle radicole bulbari (*porzione bulbare del nervo spinale*); così si costituisce il nervo (fig. 255). Le radicole si formano per la riunione di molte fibre che sorgono isolate o riunite in piccoli gruppi.

Le radicole bulbari per un breve tratto dopo la loro origine apparente conservano la struttura della sostanza bianca, cioè sono formate da fibre prive di nevrilemma e separate per mezzo di tessuto gliale; ben tosto però acquistano i caratteri di fibre dei nervi periferici (Lhermitte e Klarfeld).

Varietà — L'origine reale può cominciare più in basso di quello che avvenga normalmente, e perfino a livello dell'origine del I paio di nervi toracici; può cominciare molto più in alto, a livello del IV o del III nervo cervicale.

Tra lo spinale e le radici posteriori dei due primi nervi cervicali (più frequentemente solo del primo) possono stabilirsi intimi rapporti perchè la guaina piale dell'uno si fonde con quella delle altre; ma i rapporti possono divenire anche più intimi per la presenza di vere e proprie anastomosi tra il nervo e le radici suddette. Nel 60 % dei casi lo spinale è indipendente dalla radice posteriore del I nervo cervicale o riceve qualche fibra da essa (Kazzander) e tali fibre sono fibre motrici che hanno la loro origine apparente insieme a quella della radice posteriore del I nervo cervicale; nel 21 % la I radice cervicale posteriore riceve fibre dallo spinale (Kazzander) ed in questo caso si tratta di

anteriori. L'estremità superiore del nucleo della porzione midollare corrisponde circa al limite tra il bulbo e la midolla spinale e si trova nel tratto più basso dell'incrociamento piramidale.

Le fibre dello spinale cominciano a livello del sesto nervo cervicale; in molti casi cominciano però anche più in alto, a li-

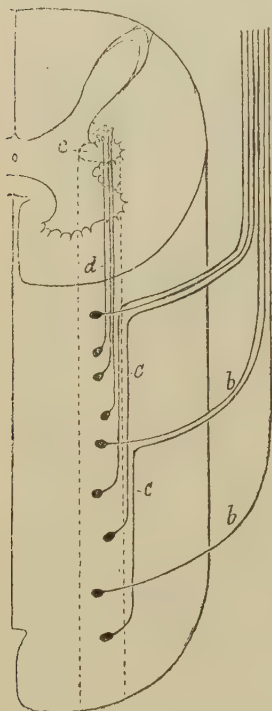


Fig. 257 — Decorso intramidollare delle fibre del nervo spinale (Schema). — *a*, radice midollare del nervo; *b*, *b*, fibre trasversali; *c*, *c*, fibre longitudinali; *d*, fascicolo respiratorio; *e*, processo laterale delle colonne anteriori e sua proiezione nella midolla spinale.

vello del quinto nervo cervicale, ed in casi meno frequenti all'altezza del quarto nervo. Le fibre attraversano il corrispondente cordone laterale della midolla (fig. 251), facendo delle curve con la convessità volta in dietro; le più basse si trovano circa nel mezzo del cordone e quindi passano davanti al fascio cortico-midollare incrociato (fig. 256, *a*), ma a misura che si va in alto si nota che, con lo spostarsi in dietro dell'origine apparente (cfr. a pag. 507), si sposta anche in dietro il cammino delle fibre attraverso il cordone laterale (fig. 256, *b*) e per ciò queste passano entro al fascio cortico midollare incrociato e le più alte attraversano la sostanza gelatinosa del Rolando (Kölliker). Nel cordone laterale le fibre in questione per lo più sono raccolte in fascetti, i quali non formano sempre una sola serie longitudinale, ma secondo il punto che si esamina, ne formano anche due o tre.

Riguardo alla direzione le fibre della porzione midollare del nervo spinale si possono distinguere in *fibre trasversali* ed in *longitudinali*. Le prime (fig. 257, *b*), che sono le più scarse, subito dopo la loro origine attraversano il corrispon-

dente cordone laterale per uscire dalla midolla; non tutte decorrono esattamente trasversali, come potrebbe far supporre il loro nome, perchè molte volgono più o meno oblique dal basso all'alto e dall'interno all'esterno (fig. 257). Le fibre longitudinali non sono longitudinali in tutto il loro decorso, ma solo per un certo tratto

di esso; infatti, appena penetrate nel cordone laterale della midolla, decorrono in alto (fig. 257, *c*) e dopo un cammino più o meno lungo, diventano trasversali e si comportano come le fibre di questo nome alle quali si uniscono per andare verso l'origine apparente del nervo (fig. 257). Le fibre longitudinali con i loro



Fig. 258 — Origine midollare del nervo spinale (emisezione trasversa della midolla spinale nel III segmento cervicale, in un uomo di 38 anni). — *a*, radicola del nervo; *b*, fascicolo respiratorio.

tratti ascendenti costituiscono un piccolo fascio (fig. 257, *d*; fig. 258, *b*) che si trova nell'angolo interposto tra il processo laterale delle colonne anteriori e la base della colonna posteriore, entro alla formazione reticolare, e che ha il nome di *fascicolo respiratorio* (Krause) (1). Le fibre della porzione midollare del nervo spinale, provenendo da cellule radicolari somatiche, si distribuiscono a

(1) Molti autori confondono a torto il *fascicolo respiratorio* (del Krause) col *fascio solitario*, che ha tutt'altro significato (cfr. pg. 472).

muscoli somatici, cioè al m. sterno-cleido-mastoideo ed al m. trapezio; uscendo dalla cavità cranica costituiscono quel ramo dello spinale che è designato come *ramo esterno*.

Porzione bulbare — La massima parte di essa origina insieme alle fibre motrici del vago dal *nucleo dorsale motore del vago* (cfr. a pg. 417), lunga e sottile colonna cellulare che, come sappiamo, si trova nella zona grigia centrale del bulbo e che si distingue in un tratto ventricolare ed in un tratto estraventricolare (fig. 223, *h*); quello è situato lateralmente al nucleo dell'ipoglosso (fig. 235), questo è posto ai lati del condotto mielencefalico e dietro al nucleo dell'ipoglosso (fig. 234). Dal nucleo in questione origina anche il nervo glosso-faringeo e per ciò il nome che si dovrebbe usare per esso è quello di *nucleo motore comune dei nervi spinale, vago e glosso-faringeo*.

Le cellule radicolari di tale nucleo appartengono alla categoria delle viscerali (pg. 417); i loro neuriti (fig. 259), dopo essere usciti dalla cavità del cranio, formano il ramo interno (*f*) del nervo spinale, che va a riunirsi col tronco del vago (*h*), e che li distribuisce ai muscoli laringei per mezzo del nervo laringeo inferiore (Van Gehuchten). È molto discusso fino a quale livello del nucleo dorsale motorio del vago originino le fibre dello spinale e per ora si può solo affermare che in prevalenza provengono dal terzo inferiore di esso. Le fibre, appena originate, volgono in avanti ed poi verso l'esterno e, facendo delle curve a concavità postero-laterale, raggiungono l'origine apparente dello spinale bulbare; essi decorrono tra la radice discendente del trigemino e l'oliva, passando subito dietro al nucleo ambiguo.

Una parte della porzione bulbare del nervo spinale origina dalle zone grigie anteriori (pg. 426) che, come sappiamo, contengono cellule radicolari somatiche (fig. 259, *c*); queste sono piuttosto scarse e non costituiscono gruppi, ma appaiono diffuse nelle zone predette. Quando le zone grigie anteriori del bulbo terminano (fig. 259), allora danno origine a fibre dello spinale le poche cellule radicolari che sono sparse nella formazione reticolare davanti alle zone predette (pg. 430) ed infine producono fibre dello spinale anche le cellule della parte inferiore del nucleo ambiguo (pg. 430), colonna di cellule radicolari somatiche che si trova nella formazione reticolare (fig. 259, *a*) e che dà origine ad altri nervi motori somatici del bulbo (cfr. a pg. 430). Il nucleo è lungo circa 12 mm; inferiormente non ha però un limite preciso

perchè le suddette cellule radicolari sparse lo collegano alle zone grigie anteriori. I neuriti del nucleo ambiguo dapprima volgono in dietro e poi si incurvano in avanti per costituire le fibre dello spinale, come fanno per quelle del vago somatico e del glosso-faringeo motore (cfr. a pg. 430).

Uscendo dal cranio anche le fibre che provengono dalle cellule somatiche del bulbo vanno ad unirsi al vago per raggiungere con esso la loro distribuzione (fig. 259, *f*).

Adunque il vago riceve dal nervo spinale tanto fibre radicolari viscerali come fibre radicolari somatiche; ad ogni modo le riceve tutte dalla porzione bulbare del nervo spinale (fig. 259), perchè le fibre della porzione midollare vanno a terminare senza prendere alcun rapporto col vago (fig. 259).

Per questo fatto il Monakow inclina a considerare come nervo spinale solo la porzione midollare, mentre ne riguarda la porzione bulbare come appartenente al vago. Quest'ultima uscendo dal bulbo decorrerebbe per breve tratto indipendente dal resto del vago ed unita al nervo spinale inteso in questo nuovo senso e poi, fuori dal cranio, abbandonerebbe tale nervo per fondersi col tronco del vago (fig. 259). Non vi è dubbio che l'opinione del Monakow ha grande fondamento; essa attende ancora però la conferma dalle indagini anatomico-comparative ed embriologiche. Se queste la confermeranno, saremo obbligati a

fare una grande modificazione nella classificazione generale dei nervi midollari, perchè lo spinale non potrà più considerarsi quale

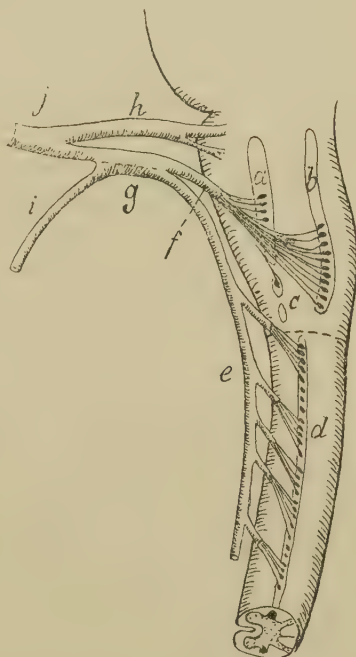


Fig. 259 — Origine e distribuzione della porzione midollare e della porzione bulbare del nervo spinale (Schema). — *a*, nucleo ambiguo; *b*, nucleo dorsale motore del vago; *c*, cellule radicolari sparse; *d*, processo laterale delle colonne anteriori; *e*, porzione midollare dello spinale; *f*, porzione bulbare; *g*, tronco del nervo spinale, formato dalla fusione delle porzioni midollare e bulbare; *h*, nervo vago; *i*, ramo dello spinale destinato ai muscoli sterno-cleido-mastoideo e trapezio (continuazione della porzione midollare); *j*, tronco del vago dopo la fusione con la parte bulbare dello spinale.

nervo encefalico (come noi ancora abbiamo fatto per non recare troppe innovazioni), ma sarà solamente un nervo midollare; nella midolla spinale dei mammiferi si dovranno allora considerare tre serie di radici per ogni lato, cioè le radici anteriori, le radici laterali (quelle dello spinale) e le radici posteriori.

I nuclei dello spinale hanno le solite connessioni dei nuclei motori: per ciò terminano tra le loro cellule fibre cortico-bulbari e sembra che esse siano tutte quante incrociate; inoltre i nuclei dei due lati sono congiunti tra loro per mezzo di fibre commessurali. Infine esistono connessioni tra il nucleo dello spinale bulbare ed i nuclei dell'ipoglosso, del vago e del glosso-faringeo e ne esistono anche tra il nucleo dello spinale midollare e le cellule radicolari delle colonne anteriori della porzione cervicale della midolla spinale.

Nervo vago (1)

Il nervo vago è un nervo misto nel più ampio senso del vocabolo, essendo formato da fibre sensitive e da fibre motrici, che tutte sono in parte somatiche ed in parte viscerali.

Alcuni autori moderni considerano il vago, il glosso-faringeo e la porzione bulbare dello spinale come un solo sistema (*sistema spinale-vago-glosso-faringeo*), altri invece riguardano come parti di un sistema solo il vago ed il glosso-faringeo. Queste opinioni si basano sulla somiglianza nell'origine reale delle fibre motrici del vago e del glosso-faringeo, provenendo esse dal medesimo gruppo di cellule radicolari, e sulla somiglianza nella terminazione bulbare delle fibre sensitive dei predetti nervi. Però la disposizione del vago e del glosso-faringeo nella serie dei vertebrati ci ha in-

(1) Il nome di *nervo vago* fu introdotto in anatomia dal Falloppia (Par vagum) e da principio (Sec. XVI-XVII) servì ad indicare l'insieme dei nervi glosso-faringeo, vago e spinale della nostra nomenclatura, cioè quel gruppo di nervi che i Greci ed i Latini (Galeno, Oribasio, ecc.) designavano come *Conjugatio sexta nervorum cerebri*. In seguito vennero distinti i tre nervi del gruppo suddetto e prima fu distinto lo spinale (Willis), poi il glosso-faringeo (Andersch).

L'aggettivo *vago* (dal lat. *vagus*, vagante, errante) fu dato al nervo per la sua vasta distribuzione, la quale lo obbliga a *vagare* per una gran parte dell'organismo: « quia plurimis hinc inde partibus prospicit, etiam omnibus internis in medio ventre et infimo sitis » (Th. Bartholinus, Anat. quantum re-

dotto a considerare questi due nervi come distinti. Nei ciclostomi e nei pesci tali nervi insieme al facciale appartengono alla categoria dei nervi branchiali; già nei ciclostomi andando dall'indietro in avanti di questi nervi se ne trovano tre bene distinti e cioè il vago, che innerva tutti gli archi branchiali situati caudalmente alla terza apertura branchiale, il glosso-faringeo per il secondo arco ed il facciale per il primo arco. Salendo nella serie dei vertebrati i nuclei di origine delle fibre motrici e di terminazione delle fibre sensitive di tali nervi si spostano in modo da avvicinarsi e da fondersi in parte; tuttavia anche nell'uomo si riesce bene a differenziare la parte che spetta ad un nervo e quella che appartiene all'altro.

Origine apparente — Il vago (fig. 253, 260) apparentemente origina dalla area retrolivare (cfr. pg. 367) per mezzo di 10-15 radicole situate una dopo l'altra su una lunghezza di circa 6 mm. Le radicole, lunghe e sottili, vengono spesso riunite tra loro per mezzo di fibre anastomotiche; ad una distanza di circa 1 cm. dal solco si raggruppano nel tronco del nervo. Sopra all'area radicolare del vago trovasi quella del glosso-faringeo e sotto quella della porzione bulbare dello spinale (fig. 250). Quando l'area olivare è molto stretta, le radicole del vago originano dal solco omonimo (cfr. pg. 368).

Le radicole del vago non sono esattamente in fila l'una dopo l'altra, ma sono distribuite in una striscia larga in media 2 mm. Spesso si trovano radicole aberranti che sorgono dal corpo restiforme o dal solco retrolivare.

Se non si possono esaminare le radicole dalla origine al tronco del nervo e se altrettanto non può farsi per quelle del glosso-faringeo (e ciò accade spesso quando si cercano le radicole su encefali estratti dal cranio, nei quali le radicole stesse sono state

novata). Naturalmente il significato anatomico del verbo *vagare* è ben diverso da quello latino (*vagari*), perchè in anatomia il verbo indica la molteplicità degli organi ai quali va il nervo, nel latino classico esprime invece la proprietà che un corpo ha di muoversi nello spazio.

Il vago ha anche il nome di *nervo pneumogastrico* (per la sua distribuzione; *Chaussier*), di *piccolo simpatico* o di *nervo simpatico medio* (*Winslow* per il paragone col sistema del simpatico), di *10° paio dei nervi encefalici* (cfr. pag. 339) per la sua posizione rispetto agli altri nervi encefalici, di *nervo vocale* (*Gall*) perchè innerva la laringe.

tagliate vicino alla loro emergenza), non si è in grado di determinare quali radicole appartengono al vago e quali al glosso-faringeo.

Le fibre delle radicole, ancora prima di raggiungere l'origine apparente, si spogliano del nevrilemma e si riducono per ciò a

fibre midollate simili a quelle del sistema nervoso centrale (cfr. a pg. 47); dallo strato corticale del bulbo tra esse si spinge del tessuto gliale, analogamente a quello che accade per le radici posteriori dei nervi midollari (pg. 282).

Sul decorso del vago si trovano due gangli che hanno i nomi di *ganglio giugolare* e di *ganglio plessiforme*, e ciò dipende dalla costituzione del nervo; esso infatti contiene fibre sensitive, le quali, come ci è noto (cfr. a pg. 126), originano da cellule gangliari situate al di fuori del sistema nervoso centrale.

Origine reale — Le fibre, che costituiscono le radicole del vago dopo essere penetrate nel bulbo si dirigo-



Fig. 260 — Origine apparente dei nervi della metà destra del bulbo e del ponte (uomo di 29 anni, ingr. 2 volte). — *a, b*, nervo trigemino; *c*, peduncolo cerebellare medio; *d*, flocculo del cervelletto; *e*, nervo cocleare; *f*, nervo vestibolare; *g*, nervo glosso-faringeo; *h*, nervo vago; *i*, nervo spinale; *j*, frangia corioidea; *k, k*, nervo ipoglosso; *l*, nervo abducente; *m*, nervo facciale (tra esso ed il nervo vestibolare *f* si vede il nervo intermedio).

no in dietro ed un po' medialmente (fig. 261), suddividendosi in modo da costituire tre ordini di fascetti, situati gli uni dietro agli altri. Tali gruppi di fibre nervose hanno il nome di *radici del vago*; chiameremo *radice anteriore* l'insieme di tutte le fibre che sono situate anteriormente, *radice media* la riunione delle fibre medie e *radice posteriore* le fibre che decorrono dietro a queste. Ogni radicola è costituita da fibre anteriori, medie e posteriori mescolate; le fibre di una stessa radicola non sempre decorrono trasversali nel bulbo e per ciò, esaminando una sezione trasversale di bulbo a livello della origine di una radicola, non sempre la si vede dividersi nelle tre radici suddette.

La separazione delle fibre del vago nelle tre radici intrabulbari è collegata al significato anatomico e funzionale di tali fibre; infatti la radice anteriore è somatica motrice, la radice media è viscerale motrice (1), la radice posteriore è viscerale sensitiva. Esaminiamo allora separatamente l'origine reale di ogni radice.

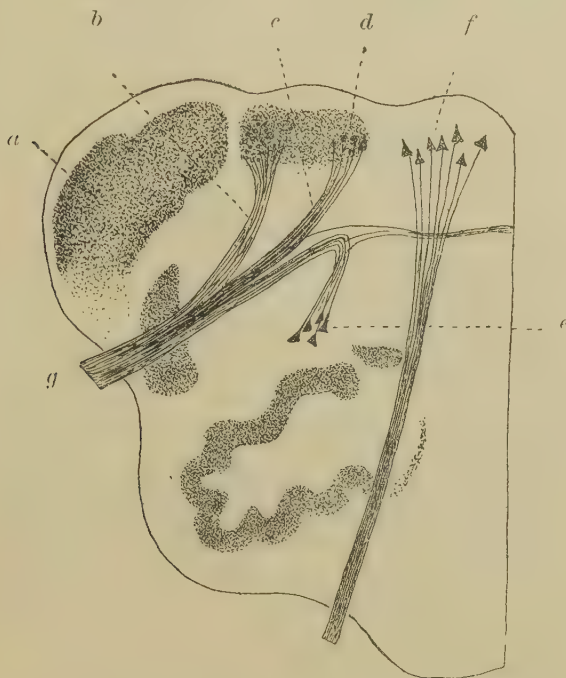


Fig. 261 — Origine reale del vago in una emisezione schematica del bulbo. — *a*, corpo restiforme; *b*, radice posteriore; *c*, radice media che origina dal nucleo dorsale motore; *d*, *e*, radice anteriore che origina dal nucleo ambiguo; *f*, nucleo del nervo ipoglosso e radice di questo nervo; *g*, nervo vago.

I. Radice anteriore. — Origina dal nucleo ambiguo, sopra allo spinale, sotto al glosso-faringeo; sappiamo che questo nucleo contiene cellule radicolari somatiche (pg. 430) e che sembra la continuazione della zona grigia anteriore del medesimo lato.

(1) L'Edinger (1911) interpreta come somatica la radice media perchè ammette che le fibre del nucleo ambiguo decorrano nel mezzo delle radicole; le mie osservazioni non mi permettono di concordare in tale idea.

Non si può indicare con sicurezza quale tratto del nucleo ambiguo sia proprio al vago e quali porzioni appartengano allo spinale ed al glosso-faringeo (cfr. fig. 259); solo è certo che la massima parte delle cellule radicolari danno origine al vago, che le cellule della estremità superiore emettono neuriti che formano il glosso-faringeo motore, e che quelle della estremità inferiore del nucleo contribuiscono a costituire la porzione bulbare dello spinale. Abbiamo già studiate le caratteristiche delle cellule suddette ed il loro aggruppamento (pg. 430 e 512); devesi qui aggiungere che si sono fatti anche tentativi per stabilire quali gruppi di cellule innervassero determinati muscoli, ma i risultati ottenuti sono molto discordi (1). È solo certo che le cellule radicolari somatiche del nucleo ambiguo provvedono per mezzo del vago (e forse anche per mezzo dello spinale bulbare) all'innervazione dei muscoli laringei; per ciò alcuni autori indicano il nucleo ambiguo col nome di *nucleo (motore) della laringe*. Le fibre di questo nucleo raggiungono la muscolatura laringea per mezzo di due rami del vago, cioè del nervo laringeo superiore e del nervo laringeo inferiore; il primo si distribuisce specialmente al muscolo cricotiroideo, al m. cricoepiglottideo ed al m. ariepiglottideo; il secondo innerva tutti gli altri muscoli laringei.

Le fibre motrici somatiche del vago (e lo abbiamo già accennato: pg. 431) dopo la loro origine volgono posteriormente verso il pavimento ventricolare (fig. 261, *e*), poi s'incurvano in avanti formando un'ansa a convessità posteriore e così si dirigono verso l'origine apparente. *Questo decorso è comune a tutte le fibre motrici somatiche del bulbo ed a quelle del ponte*; infatti lo abbiamo già

(1) Rispetto al significato funzionale del nucleo ambiguo le indagini sperimentali negli animali hanno portato alla conclusione che la parte mediale del nucleo contiene i centri motori della faringe, dell'esofago e dei muscoli laringei innervati dal laringeo superiore (cricotiroideo, cricoepiglottideo ed ariepiglottideo; Marinesco, Parhon, Hudovernig); il centro del nervo laringeo superiore si trova nel segmento superiore ed il centro motore dell'esofago è posto nel segmento inferiore di essa (Hudovernig). La porzione laterale del nucleo ambiguo contiene il centro motore dei muscoli laringei innervati dal laringeo inferiore (Marinesco) ed il centro motore dello stomaco e dei polmoni (Hudovernig). Nel segmento inferiore del nucleo ambiguo (non è precisato se in una delle due porzioni suddette o se in entrambi) si troverebbe anche il centro motore del cuore (Kappers, Kosaka). Questi risultati sperimentali non concordano completamente con le osservazioni cliniche.

trovato nella porzione bulbare dello spinale e lo ritroveremo nel glosso-faringeo e nel facciale.

Riguardo alle connessioni del nucleo ambiguo devesi ricordare come vadano ad esso fibre cortico-bulbari che in parte provengono dal fascio piramidale del medesimo lato (fig. 262, *e*) ed in parte da quello del lato opposto (*c*). Con questa doppia specie di fibre cortico-bulbari, che vanno al nucleo ambiguo, è strettamente connesso il decorso intrabulbare delle fibre che da questo nucleo

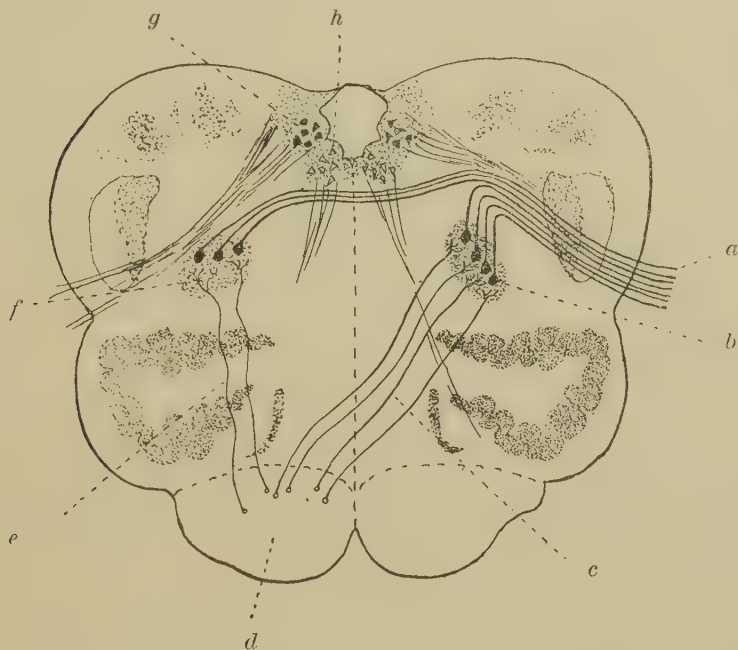


Fig. 262 — Connessioni del nucleo ambiguo (Schema). — *a*, nervo vago; *b*, *f*, nuclei ambigui; *c*, loro fibre cortico-bulbari incrociate ed *e*, fibre cortico-bulbari dirette provenienti dalla via piramidale *d*; *g*, nucleo motore dorsale del vago; *h*, nucleo dell'ipoglosso.

originano; infatti si può ritenere assodato, malgrado che qualche autore sia di opinione contraria (Tricomi-Allegria), che mentre la porzione maggiore delle fibre nucleari va a costituire le radicole del medesimo lato, la minore s'incrocia nel rafe e contribuisce a formare le radicole del lato opposto (fig. 262). Per ciò la lesione di uno solo dei nuclei ambigui determina degenerazione bilaterale delle fibre motrici del vago, degenerazione che è più vasta nel nervo che si trova dal lato del nucleo leso.

Si ammette (fig. 262) che le fibre cortico-bulbari dirette vadano a porsi in rapporto con le cellule che danno origine a fibre incrociate e viceversa facciano le cortico-bulbari incrociate. La distribuzione bilaterale delle fibre cortico-bulbari di un medesimo lato è probabilmente collegata alla funzione del vago, il quale determina contrazioni muscolari che almeno in parte sono simmetriche, come p. es. l'azione dei muscoli del velopendolo, di quelli della faringe, della laringe, ecc.

II. Radice media — Questa radice viscerale motrice origina dalle cellule radicolari viscerali che costituiscono il già descritto *nucleo dorsale motorio del vago* (pag. 417). Le sue fibre per lo più volgono in avanti e di lato verso la origine apparente o molaterale, attraversando la radice discendente del trigemino ed il suo nucleo (fig. 261, c). Per alcuni autori (Cajal, Ossipow) non tutte le fibre vanno alle radicole del medesimo lato, perchè alcune attraversano il rafe subito davanti alla zona grigia centrale per andare al nervo del lato opposto; altri invece (Forel, Van Gehuchten, Tricomi-Allegra) asseriscono che non esistono le fibre incrociate.

Il nucleo dorsale del vago riceve fibre della via cortico-bulbare; è probabile che siano in parte incrociate se è vero il decorso diretto ed incrociato delle fibre viscero-motorie del nervo. La distribuzione di queste fibre non è ancora bene stabilita; sembrerebbe che provvedessero ad innervare il tessuto muscolare dell'esofago, dello stomaco, dei polmoni e del cuore (Kreidl, Molhant, Van Gehuchten).

Nel coniglio il nucleo motore dorsale presenta una specie di appendice che comincia inferiormente poco prima che il nucleo predetto si arresti, essendo posta dorso-lateralmente al condotto mielencefalico quasi nel limite tra la sostanza bianca e la sostanza grigia, e che si continua per circa mm. 1.5 caudalmente al nucleo stesso. Anche da questo nucleo accessorio originano fibre motrici del vago (Tricomi-Allegra).

Infine, sempre nel coniglio, sembra che alcune fibre della radice media del vago provengano anche dalla porzione inferiore del nucleo dell'ipoglosso (Mingazzini, Tricomi-Allegra).

III. Radice posteriore — La radice posteriore, essendo esclusivamente sensitiva, origina al di fuori del bulbo, nei gangli del vago. Le fibre sensitive, penetrate nel bulbo in corrispondenza dell'origine apparente insieme alle fibre motrici con le quali sono

mescolate e dalle quali non si possono distinguere, si separano poi dopo la loro penetrazione perchè volgono più lateralmente delle altre (fig. 261) e raggiungono così il *nucleo sensitivo del vago e del glosso-faringeo* del quale ci siamo già occupati (pg. 423). Queste fibre s'incurvano allora bruscamente (fig. 248) e volgono in basso, riunite in un fascetto cilindrico che abbiamo studiato (pg. 471-472) col nome di *fascio solitario* (1). Durante il suo cammino lungo il nucleo sensitivo predetto e lungo il *nucleo del fascio solitario* che, come sappiamo (pg. 424), è la continuazione del precedente, dal fascio si dipartono collaterali e terminazioni di fibre, che si esauriscono tra le cellule sensitive del nucleo, nel modo che abbiamo già studiato (pg. 473). Del nucleo sensitivo del vago (che insieme a quello del glosso-faringeo costituisce una sola colonna cellulare) e del nucleo del fascio solitario abbiamo veduti i caratteri macroscopici e microscopici (pg. 423-424) ed è quindi inutile il ripeterli. Qui bisogna solo far notare che siccome il fascio solitario contiene anche fibre del glosso-faringeo, del facciale e del trigemino (cfr. a pg. 472), è dubbio se quelle di ogni nervo terminino in determinati segmenti del nucleo, oppure se la loro distribuzione sia diffusa a tutto il nucleo; qualche autore (Obersteiner) ritiene che la parte più bassa del nucleo del vago e del glosso-faringeo ed il nucleo del fascio solitario contengano le fibre del vago. È accertato che non tutte le fibre del fascio solitario terminano nel nucleo del medesimo lato, ma che una piccola parte s'incrocia sulla linea mediana e va al nucleo del lato opposto (Biondi, Tricomi-Allegra).

È ancora discussa la terminazione delle fibre sensitive del vago nel nucleo intercalato, ammessa dallo Staderini e dal Tricomi-Allegra, e negata da altri; noi incliniamo a ritenere il nucleo intercalato come funzionalmente ed anatomicamente simile ai nuclei vestibolari (cfr. a pg. 423).

Riguardo alle connessioni del nucleo sensitivo del vago e del glosso-faringeo non abbiamo notizie sicure. Originano da esso vie bulbo-talamiche, come provengono dagli altri nuclei sensitivi del bulbo (cfr. a pg. 484). Il Cajal accenna all'esistenza di una *via centrale dei nervi misti*, formata da fibre provenienti dai nuclei sensitivi del vago e del glosso-faringeo, in parte dirette ed in parte incrociate; questa via si troverebbe nella formazione reti-

(1) Confuso da molti col fascicolo respiratorio (cfr. pg. 511).

colare grigia, nel limite tra essa e la zona grigia centrale, tra il nucleo della radice discendente del trigemino, quello sensitivo del vago ed il nucleo dell'ipoglosso. Dalla via bulbo-talamica originano collaterali (Kölliker, Cajal) che terminano nei nuclei motori del vago e del glosso-faringeo.

Nervo glosso-faringeo (1)

Anche questo è un nervo misto e contiene certamente fibre motrici somatiche e fibre sensitive viscerali; è ancora dubbio se contenga anche fibre motrici viscerali come il vago. La somiglianza dell'origine reale, la quale origine (come vedremo tra poco) non è bene distinta da quella del vago, e la somiglianza dell'origine apparente, nonchè le anastomosi extraencefaliche tra questi due nervi hanno indotto molti autori moderni a considerare il glosso-faringeo come una porzione del vago; noi invece li riguardiamo come nervi distinti e ne abbiamo già indicato le ragioni (pg. 515).

Origine apparente — Il nervo glosso-faringeo origina dall'area postolivare per mezzo di 5-6 radicole situate subito al di sopra di quelle del vago e simili ad esse per le dimensioni e pei rapporti (fig. 260, *g*); alla distanza di circa 1 cm. dall'origine e proprio al momento nel quale le radicole stanno per penetrare nel foro giugulare della base cranica, si uniscono insieme per costituire il tronco del nervo. Le radicole sono situate l'una sotto l'altra, ma non in una sola serie; talvolta si distinguono radicole anteriori e radicole posteriori; quelle e queste si riuniscono in un fascio distinto ed i due fasci così costituiti si fondono poi in un fascio solo a livello del foro giugulare. Se non si ha sotto occhio la riunione delle radicole del glosso-faringeo e del vago, non si può determinare quali radicole appartengano all'uno e quali all'altro di questi nervi; come limite tra le loro origini apparenti si può prendere il piano che taglia trasversalmente il

(1) Il nome di *nervo glosso-faringeo* fu introdotto in anatomia da Albert von Haller; il Falloppia lo considerava come parte del vago (cfr. a pg. 514); l'Andersch fu il primo a riguardarlo come nervo distinto in base alla distribuzione periferica.

bulbo nella riunione tra il quarto superiore ed i tre quarti inferiori dell'oliva (Ziehen).

Anche nelle radicole del glosso-faringeo come in quelle del vago si spinge per circa 1 mm. il tessuto gliale.

Sul decorso del nervo glosso-faringeo si trovano due ingrossamenti ganglionari che hanno il nome di *ganglio petroso* e di *ganglio superiore*; da essi provengono le fibre sensitive del nervo.

Origine reale — La *porzione motrice somatica* origina dall'estremità superiore del *nucleo ambiguo*; non si può dire con sicurezza quanto sia vasta nell'uomo questa porzione, ma le indagini sperimentali fatte in vari mammiferi (Van Gehuchten, Tricomi-Allegra) dimostrano che si deve trattare di una porzione molto limitata. Per la forma delle cellule, per il decorso dei neuriti e per le connessioni il nucleo motore somatico del glosso-faringeo è simile a quello del vago (cfr. fig. 262).

La *porzione motrice viscerale* da molti autori moderni (Monakow, Edinger, Obersteiner, ecc.) viene ammessa e viene descritta come simile a quella del vago; secondo essi sarebbe costituita dalla parte più alta del nucleo dorsale motore del vago (cfr. fig. 262). Però vi sono ricercatori (Van Gehuchten, Tricomi-Allegra) i quali negano che il glosso-faringeo contenga fibre di tale specie, basandosi specialmente sul fatto che la resezione del vago è accompagnata da cromolisi totale del nucleo motore dorsale di questo nervo; se il nucleo suddetto desse origine anche a fibre del glosso-faringeo, non dovrebbero venire alterate le cellule dalle quali esse derivano. Perchè l'esperimento abbia veramente valore decisivo, bisogna che la sezione del vago non venga fatta nel collo, ma nel cranio; infatti sezionandolo nel collo esso può contenere fibre motrici somatiche pervenutegli dal glosso-faringeo in virtù delle numerose anastomosi che congiungono questi due nervi subito dopo la loro origine.

La *porzione sensitiva* contribuisce a formare il fascio solitario (cfr. a pg. 521) e termina quindi nel *nucleo sensitivo del vago e del glosso-faringeo* (pg. 423) e forse anche nel *nucleo del fascio solitario*. Si comporta quindi nel medesimo modo della porzione sensitiva del vago. Le connessioni dei nuclei predetti vennero già descritte a proposito di quest'ultimo nervo.

Nervo vestibolare

I nevrologi e gli anatomici moderni riguardano questo nervo non come una entità anatomica, ma come una parte del nervo acustico, e lo considerano proveniente dal ponte; fanno questo in base alla origine apparente dell'acustico ed alla sua distribuzione periferica. Infatti l'acustico appena originato sembra costituito da un solo cordone nervoso; inoltre esso deriva da un solo organo di senso, cioè dall'orecchio interno. Però queste due affermazioni sono esatte solo in apparenza; un attento esame ci convince infatti che l'acustico esce dal sistema nervoso centrale per mezzo di due radici; inoltre la fisiologia insegna che l'orecchio interno non è l'organo di un solo senso, ma è la riunione di almeno due organi di senso, cioè dell'organo statico posto nei canali semicircolari e nel vestibolo e dell'organo auditivo situato nel canale cocleare. Oltre a questi due fatti l'anatomia umana e comparata dell'acustico, la sua embriologia e la fisiologia concordano nel dimostrare insostenibile l'opinione comune che il nervo acustico sia una entità anatomica e convergono invece nell'idea che *questo nervo rappresenta la fusione di due nervi distinti, cioè del nervo cocleare e del nervo vestibolare.*

L'anatomia e la fisiologia dimostrano che i due nervi in questione sono diversi. Infatti la loro origine è differente, provenendo il vestibolare dai gangli omonimi che raccolgono le fibre dai canali semicircolari e dal vestibolo, ed il cocleare originando dalle cellule nervose del ganglio cocleare che riceve le sue fibre dal canale cocleare; raggiunta la base dell'encefalo seguono vie distinte, perchè il cocleare presenta i caratteri di nervo posteriore, penetrando dalla faccia posteriore del mielencefalo e scorrendo poi attorno ai corpi restiformi, mentre il vestibolare si manifesta come un nervo anteriore, penetrando nel bulbo da questa faccia; la loro terminazione avviene poi in corrispondenza di nuclei sensitivi differenti, dai quali originano vie sensitive di secondo ordine pure diverse ed indipendenti. La funzione dei canali semicircolari e del vestibolo, che rappresentano l'organo dell'equilibrio, è ben diversa da quella della chiocciola, organo uditivo.

Anche l'embriologia dimostra che il nervo vestibolare va separato dal nervo cocleare. Infatti il nervo vestibolare si forma per primo ed è già bene manifesto in tutto il suo decorso quando il co-

cleare comincia appena ad abbozzarsi; poi questo nell'ulteriore sviluppo si addossa al vestibolare e si fonde con esso in modo da formare in apparenza un solo tronco. Però anche nell'adulto è possibile all'esame istologico separare la parte di questo tronco che appartiene all'uno e quella che è propria all'altro nervo.

L'anatomia comparata conduce alla medesima conclusione. Nei cranioti più bassi (ciclostomi) si trova il solo nervo vestibolare; nei pesci comincia a comparire un rudimento di chiocciola (lagena) e quindi oltre ad un grosso nervo vestibolare si trova un piccolo nervo cocleare, da quello intieramente separato. Negli anfibi e nei rettili la lagena si differenzia a poco a poco in una vera chiocciola e quindi si fa più cospicuo il suo nervo. È vero che nei vertebrati inferiori i nuclei terminali del vestibolare e dei nervi della linea laterale non sono completamente indipendenti da quelli dei nervi cocleari (Sterzi), ma ciò non basta per negare l'indipendenza dei due nervi come tenderebbero a fare alcuni (Winkler, Kappers).

Dopo questi fatti, non vi sarà più alcuno che potrà meravigliarsi vedendo trattare del nervo vestibolare come di un nervo indipendente dal nervo cocleare. Ed allora dobbiamo proporci un'altro quesito: a quale segmento encefalico appartengono il nervo vestibolare ed il nervo cocleare? La imperfetta conoscenza della loro origine apparente è l'unica ragione per la quale tutti gli autori li riguardano come nervi del ponte; studiando tale origine vedremo che sotto questo punto di vista si possono entrambi considerare come nervi del metencefalo; ma poi la situazione dei loro nuclei terminali, che è un criterio di gran lunga più importante della origine apparente, ci dimostra chiaro che *il nervo cocleare è un nervo prevalentemente metencefalico ed il nervo vestibolare è un nervo in prevalenza bulbare.*

E così, dopo aver esposte le ragioni per le quali riteniamo che il nervo vestibolare deve essere studiato come un nervo a sè e come un nervo bulbare, esaminiamone prima l'origine apparente e poi l'origine reale.

Origine apparente - Il nervo vestibolare (fig. 260, *f'*) origina dalla fossetta laterale del bulbo, subito al di sotto del peduncolo cerebellare medio (*c*) che si distacca dal ponte del Varolio per penetrare negli emisferi cerebellari. Fin dalla sua origine apparente il tronco del vestibolare è unito al tronco del nervo co-

cleare (*e*), che si dirige dall'esterno all'interno tra il corpo restiforme e l'estremità libera del corrispondente recesso laterale del quarto ventricolo (*i*). Tra l'origine apparente del cocleare e quella del vestibolare è interposta una depressione triangolare, più o meno profonda a seconda dei casi (fig. 260); ma poi, a misura che i due nervi si allontanano dalla predetta origine, si fondono in un solo tronco nel quale non è possibile all'esame macroscopico determinare la parte che spetta all'uno e quella che è formata dall'altro. Il tronco si chiama impropriamente *nervo acustico* (*VIII paio dei nervi encefalici* degli autori: cfr. a pg. 339); esso volge obliquamente in avanti ed in alto, addossato al suddetto peduncolo cerebellare medio al quale intimamente aderisce perchè molte fibre del vestibolare hanno la loro origine apparente in questa zona di adesione. All'esterno del nervo acustico si trova un lobulo cerebellare che ha il nome di *flocculo* (fig. 260, *d*); medialmente sono situati il nervo facciale ed il nervo intermedio (*m*).

Una sezione trasversa del bulbo fatta in corrispondenza del fondo della fossetta laterale interessa l'origine apparente del vestibolare e ne dimostra l'indipendenza da quella del nervo cocleare (fig. 263).

Nel tronco dell'acustico le fibre cocleari occupano la parte postero-laterale della sezione trasversale, le vestibolari la parte antero-mediale. Le vestibolari sono più compatte delle cocleari e si mielinizzano più presto (Kölliker); il loro calibro è anche un po' più grosso (2.5-4 μ . di diametro, mentre quello delle fibre cocleari misura 1-2.5 μ).

Il nervo vestibolare, come anche il cocleare, perde la struttura di nervo periferico a 3-5 mm. di distanza dall'origine apparente; il nevrilemma delle fibre scompare e rimane solo la guaina mielinica; inoltre il tessuto gliale dello strato grigio corticale del bulbo s'insinua tra queste fibre.

Origine reale — Il nervo vestibolare (fig. 263, *k*). penetra nel bulbo attraversando le fibre arciformi esterne (*m*) che circondano la faccia laterale del bulbo anche in corrispondenza della fossetta laterale. Esso si trova allora tra la massa del corpo restiforme (*g*) situata lateralmente e la grossa radice discendente del trigemino col suo nucleo (*l*) che gli stanno all'interno; insinuandosi dall'esterno tra questi due sistemi di fibre longitudinali si dirige

posteriormente e medialmente ed incrocia in questo suo cammino fibre arciformi interne dirette al rafe bulbare (fig. 263). Dopo aver attraversata la radice discendente del trigemino (*l*) che è anteriore al nucleo, le fibre del vestibolare si dividono a T come quelle delle radici posteriori dei nervi midollari (cfr. a pg. 240),

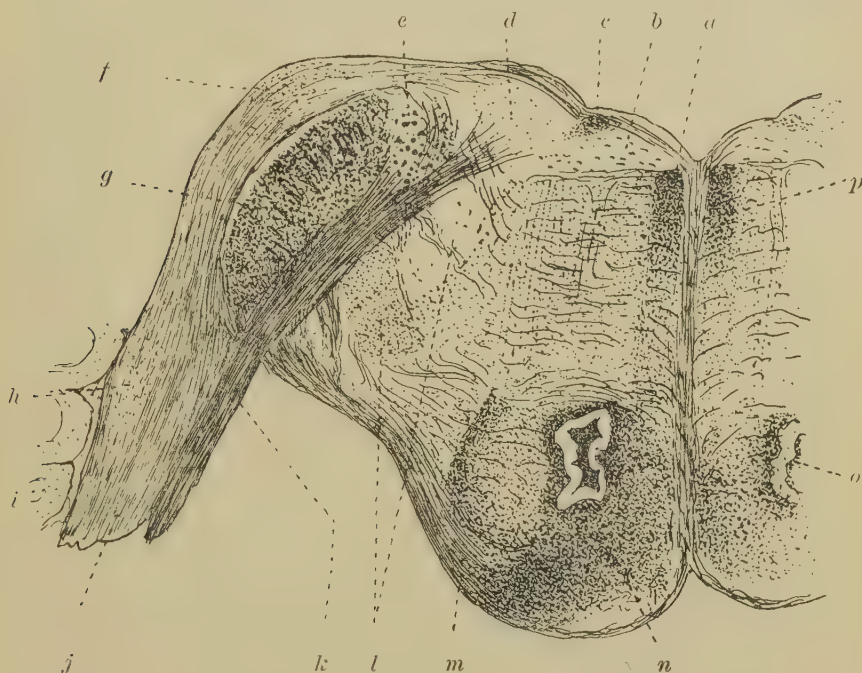


Fig. 263 — Origine del nervo vestibolare (emisezione trasversale semischematica fatta in corrispondenza del solco bulbo-pontino; uomo di 39 anni). — *a*, fascicolo longitudinale posteriore; *b*, nucleo del funicolo terete; *c*, fascicolo longitudinale dello Schütz; *d*, nucleo vestibolare principale; *e*, nucleo vestibolare laterale; *f*, tubercolo acustico; *g*, corpo restiforme; *h*, nucleo cocleare anteriore; *i*, corteccia del flocculo cerebellare; *j*, nervo cocleare; *k*, nervo vestibolare; *l*, radice discendente del trigemino e suo nucleo; *m*, fibre arciformi esterne anteriori; *n*, via piramidale; *o*, nucleo olivare inferiore; *p*, rafe e fibre rette.

ed uno dei rami della divisione è laterale, l'altro è discendente; questo ha sempre maggiore calibro del primo. I rami laterali volgono lateralmente ed un po' in dietro e terminano nel nucleo vestibolare laterale e nel nucleo vestibolare posteriore (fig. 264, *i*, *h*), i rami discendenti (*l*) terminano nel nucleo vestibolare principale (*j*). «Questi formano la *radice discendente del vestibolare*; quelli non costituiscono un fascio compatto e per ciò

non si conviene ad essi il nome di *radice ascendente* col quale molti autori li designano. Sembra che alcune fibre vestibolari non si dividano a T, e vadano a produrre la sola radice discendente.

Le fibre del vestibolare costituiscono parecchi grossi fasci situati l'uno sotto all'altro in un piano sagittale; per ciò il decorso intrabulbare di queste fibre si può osservare in molte sezioni trasversali del bulbo (fig. 263). Ma oltre che nel bulbo si trovano fibre del vestibolare anche nella parte più bassa del ponte; il loro numero è di gran lunga inferiore a quello delle bulbari. Anche quelle che attraversano il ponte hanno la stessa direzione descritta sopra.

Vediamo allora come terminano le fibre vestibolari. Le fibre della radice discendente sono riunite in un fascio (fig. 264, *j*) che noi già abbiamo studiato (cfr. a pg. 421) e che sappiamo terminare per mezzo di collaterali e per mezzo delle sue stesse fibre nel nucleo vestibolare principale (*j*). Questa grossa e lunga colonna di cellule sensitive somatiche (cfr. a pg. 413), che si estende per piccola parte anche nella faccia posteriore del ponte e che già abbiamo studiato morfologicamente ed istologicamente (pag. 421), ha la proprietà di colorarsi intensamente col metodo del Weigert per la grande quantità di fibre midollate che in varia guisa s'intrecciano nel suo interno. Dal nucleo vestibolare principale traggono origine neuriti, che hanno decorso sconosciuto; essi non costituiscono dei fasci, ma si mantengono come fibre isolate e si possono seguire in due principali direzioni; alcuni volgono medialmente (fig. 264) e vanno verso il rafe, ove non sono più distinguibili in mezzo al complicato intreccio di questa regione (Freud); altri escono dalla faccia anteriore del nucleo e si perdono nella formazione reticolare (Obersteiner). Le connessioni del nucleo vestibolare principale sono quindi sconosciute.

I rami laterali delle fibre del nervo vestibolare (fig. 264) volgono verso l'angolo da cui origina il recesso laterale del quarto ventricolo del medesimo lato (cfr. a pg. 404) per penetrare nel nucleo vestibolare posteriore (*h*) che già conosciamo come gruppo di cellule sensitive somatiche contenuto nella zona grigia centrale (cfr. a pg. 422). Alcuni dei suddetti rami terminano in questo nucleo; altri rami lo attraversano semplicemente, dopo avergli inviata qualche collaterale, e seguendo il lato mediale del pedun-

colo cerebellare inferiore, penetrano nel cervelletto (fig. 264, *l*). Dalle cellule del nucleo vestibolare posteriore (*h*) originano neuriti che seguono questo medesimo cammino; per ciò il nucleo ora ricordato è interposto lungo il decorso della *via vestibolo-cerebellare* (cfr. a pg. 480) e serve ad interrompere alcune delle fibre vestibolo-cerebellari. Per la massima parte queste fibre vanno a terminare nella corteccia del lobo medio del cervelletto o verme cerebellare ed alcune si distribuiscono anche ai nuclei di questo lobo ed a quelli dei lobi laterali. I nuclei vestibolari posteriori sono in connessione tra loro per mezzo di fibre commesurali che attraversano il rafe del bulbo od il rafe del ponte in prossimità del limite tra mielencefalo e metencefalo.

Dai nuclei vestibolari posteriori originano poi fibre che vanno a far parte del fascicolo longitudinale posteriore (fig. 264, *k*; cfr. a pg. 459); queste fibre hanno grande importanza, poichè per mezzo del predetto fascicolo raggiungono i nuclei motori dei nervi encefalici che provvedono ai movimenti dei bulbi oculari (Tsuchida, Van Gehuchten); questo fatto ci spiega l'insorgere di speciali sintomi oculari (nistagmo) in seguito a lesioni del nucleo predetto.

Mentre sono sicure le terminazioni fino ad ora descritte della radice discendente del vestibolare e dei rami laterali delle fibre di questo nervo, siamo molto incerti riguardo ai rapporti che intercedono tra le fibre del vestibolare ed il nucleo vestibolare laterale (fig. 264, *i*). Le opinioni principali intorno a questi rapporti sono due; l'una è che il nucleo vestibolare laterale riceva terminazioni di fibre vestibolari; l'altra che esso sia indipendente da queste fibre ma riceva solo fibre cerebellari, le quali costituiscono la *via cerebello-vestibolare* (cfr. a pg. 464) e dia origine alle fibre della *via vestibolo-midollare* ed alle *fibre vestibolari del fascicolo longitudinale posteriore*. Quindi secondo questa opinione il nucleo non meriterebbe affatto il nome col quale viene designato.

La prima opinione è sostenuta specialmente da quegli autori che hanno studiato con puro metodo anatomico il decorso delle fibre del vestibolare (Roller, Cajal, ecc.). Essi affermano che dalla radice discendente del vestibolare si dipartono collaterali od anche fibre le quali invece di volgere medialmente, come fanno quelle che vanno al nucleo vestibolare principale e che abbiamo sopra descritto, volgono lateralmente e penetrano nel nucleo vestibolare laterale, ove co-

stituiscono quel fitto plesso che abbiamo veduto circondare i corpi delle grosse cellule nucleari (cfr. a pg. 421). Da queste cellule originano neuriti i quali formano le fibre vestibolari del fascicolo longitudinale posteriore e le fibre vestibolo midollari (cfr. a pg. 237). Dunque secondo questa prima opinione gli stimoli raccolti dall'organo statico vengono direttamente trasmessi ai centri motori del tronco encefalico e della midolla spinale con la semplice interposizione di un nucleo bulbare (nucleo vestibolare laterale).

La seconda opinione, che è la più moderna, viene sostenuta sopra tutto da quegli autori che hanno indagato le degenerazioni che si producono in seguito a lesione del nervo vestibolare (Monakow, Edinger, Lewy). Per costoro le fibre del vestibolare attraversano il nucleo vestibolare laterale per andare al cervelletto (fig. 264) e tutto al più gli inviano alcune collaterali (Edinger); la terminazione delle fibre vestibolari avviene quindi nel cervelletto. Da questo si dipartono poi numerose vie (fig. 264, *g*), le quali discendono nel nucleo vestibolare laterale (*i*), seguendo la parte mediale del peduncolo cerebellare inferiore, ed in questo nucleo terminano, costituendovi il suo fitto plesso pericellulare. Dal nucleo originano poi fibre che vanno al fascicolo longitudinale posteriore o direttamente alla midolla (fig. 264, a destra). Quindi secondo questa moderna concezione gli stimoli raccolti dall'organo statico vanno al cervelletto e poi da questo vengono trasmessi alla sostanza motrice con l'interposizione del nucleo vestibolare laterale; esso sarebbe quindi un nucleo di una via cerebellare.

Le indagini anatomo-comparative tendono però a dimostrare che il nucleo vestibolare laterale è veramente un nucleo vestibolare, perchè ad esso terminano fibre di questo nervo. Nei cranoti inferiori (selaci) i nuclei statici sono molto sviluppati e contengono cellule simili alle cellule del Purkinje che vedremo essere caratteristiche della corteccia cerebellare (Sterzi); a queste cellule arrivano fibre statiche e da esse si dipartono le vie vestibolo-midollari che provvedono al tono muscolare ed al mantenimento della posizione del corpo nell'ambiente. Le cellule suddette si modificano salendo nella serie dei vertebrati e si trasformano a poco a poco nei nuclei vestibolari laterali; ciò ci rende ragione dell'enorme volume delle cellule di questi nuclei. Nei rettili (Beccari) le cellule di tali nuclei ricevono certamente

fibre vestibolari e danno origine a fibre vestibolo midollari, concordemente a quello che avviene nei selaci.

E veniamo allora all'esame delle connessioni del nucleo vestibolare laterale (fig. 264). A questo nucleo giungono fibre cerebellari (*g*) e forse anche fibre sorte nella midolla spinale. Le fibre cerebellari costituiscono la sopra ricordata *via cerebello-vestibolare*;

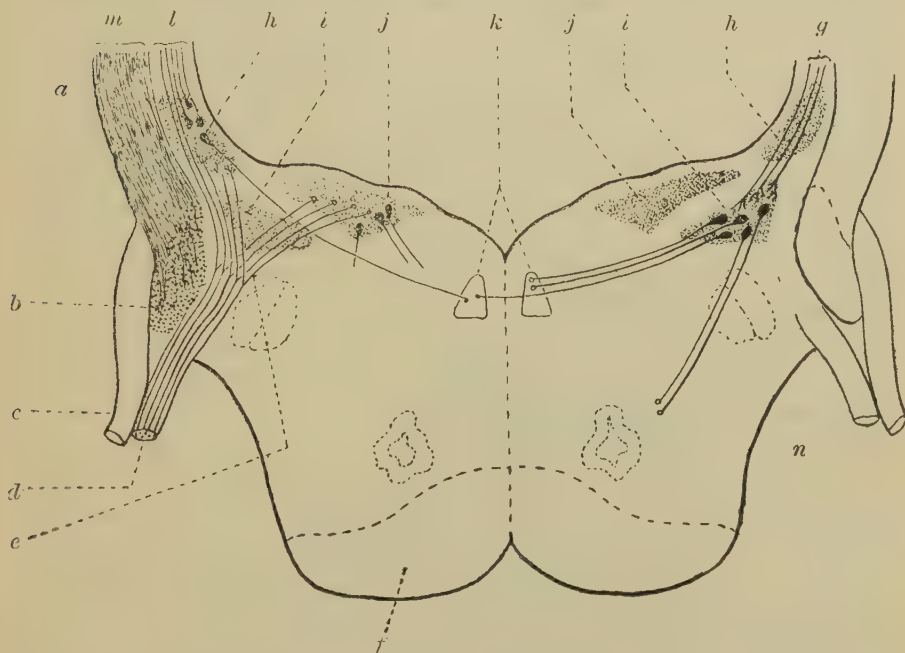


Fig. 264 — Connessioni dei nuclei vestibolari, in una sezione trasversale del bulbo (Schema). — *a*, fibre del corpo restiforme *b*, che vanno al cervelletto; *c*, nervo cocleare; *d*, nervo vestibolare; *e*, rami mediali delle fibre vestibolari; *f*, via piramidale; *g*, fibre cerebello-tegmentali; *h*, nucleo vestibolare laterale; *i*, nucleo vestibolare posteriore; *j*, nucleo vestibolare principale; *k*, fascicolo longitudinale posteriore e sue fibre vestibolari dirette ed incrociate; *l*, segmento mediale ed *m*, segmento laterale del peduncolo cerebellare inferiore; *n*, fibre vestibolo-midollari.

sono numerose e furono dimostrate anatomicamente e sperimentalmente; le abbiamo già studiate tra le vie esogene della midolla allungata (cfr. a pg. 464). Le fibre provenienti dalla midolla spinale sono invece molto dubbie; qualche autore le ammette e per ciò ne faremo semplice menzione, rimandando anche per esse alle notizie che ne abbiamo date nello studiare le vie bulbari (cfr. a pg. 476).

Dal nucleo vestibolare laterale partono poi due sistemi di fibre (fig. 264), cioè un sistema che contribuisce a costituire il fascicolo longitudinale posteriore (*k*) ed un sistema che forma la via vestibolo-midollare (*n*). Riguardo al primo sistema si deve tener presente che il nucleo vestibolare laterale invia più del posteriore fibre al fascicolo longitudinale posteriore (fig. 264); su questo fatto non è possibile alcun dubbio. Il numero di tali fibre è così grande che alcuni autori ritengono quel nucleo per la sola origine del fascicolo stesso; in realtà però il fascicolo viene costituito anche da parecchi altri sistemi di fibre, come abbiamo già veduto (cfr. a pg. 458-460). Il significato di queste fibre è diverso secondo il significato che si attribuisce al nucleo vestibolare laterale; se questo è un nucleo veramente vestibolare, allora le fibre che vanno al fascicolo trasportano stimoli statici; se invece è un nucleo che riceve solo fibre cerebellari, le sue fibre recano stimoli provenienti dal cervelletto. Comunque però si voglia interpretare il nucleo, è certo che la predetta connessione esiste e che quindi il nucleo vestibolare laterale può trasmettere gli stimoli alla sostanza grigia motrice del tronco encefalico e della midolla spinale.

Le fibre vestibolo-midollari (fig. 264, *n*) fuoriescono dalla faccia anteriore del nucleo vestibolare laterale ed attraverso alla formazione reticolare si recano dietro al nucleo olivare inferiore ove formano il fascio vestibolo-midollare (pg. 476), che nella midolla spinale è confuso col fascicolo longitudinale posteriore (pg. 237).

Se ora consideriamo nel loro insieme tutti i nuclei del nervo vestibolare e le loro connessioni, vediamo che gli stimoli raccolti dal ganglio vestibolare, il quale è connesso all'organo dell'equilibrio, vengono portati o direttamente o con l'interposizione del nucleo vestibolare laterale alla corteccia cerebellare; il cervelletto è il centro della coordinazione e della regolazione dei movimenti; da questo centro si dipartono vie che discendono a tutti i nuclei della muscolatura somatica e tra queste meritano più particolare menzione la via cerebello-vestibolare, la vestibolo-midollare e le fibre vestibolari del fascicolo longitudinale posteriore. Così la stimolazione dell'organo statico determina contrazioni muscolari coordinate e regolate in modo da permettere certe posizioni nello spazio (stazione eretta, stazione seduta, erezione del capo, ecc.) indipendentemente dall'azione diretta della volontà.

§ 5

Vasi sanguiferi

Il mielencefalo ha una abbondante vascolarizzazione, tanto alla superficie che nell'interno; ne esamineremo prima le arterie, poi i capillari e da ultimo le vene.

I - Arterie

La sanguificazione del mielencefalo si fa tutta a spese delle

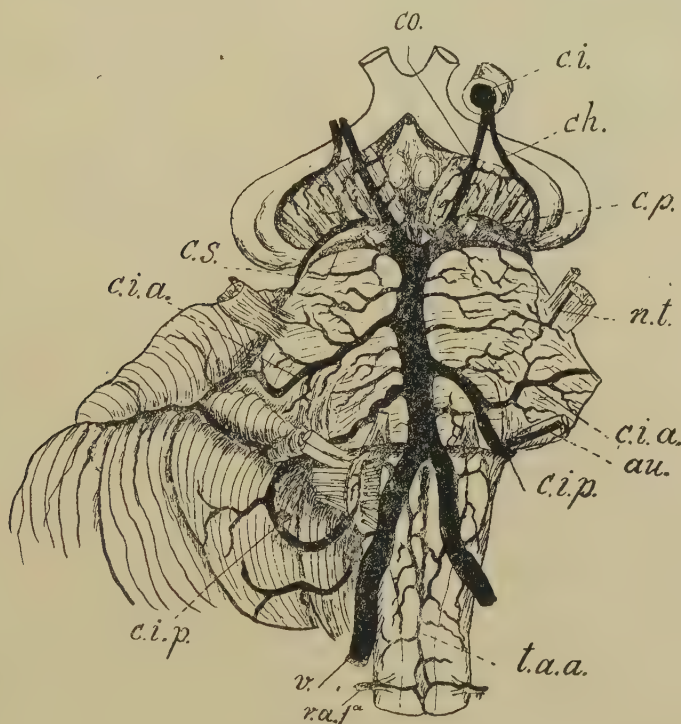


Fig. 265 — Le arterie della faccia anteriore del bulbo, del ponte e del mielencefalo (uomo di 45 anni; iniezione). — Le aa. cerebellari inferiori posteriori (*c.i.p.*) originano dall'a. basilare, invece che dalle aa. vertebrali (*v.*), come è di norma. — *a.u.*, a. uditiva interna; *ch.*, a. coroidea; *c.i.*, a. carotide interna; *c.i.a.* e *c.i.p.*, a. cerebellare inferiore anteriore e posteriore; *c.o.*, a. comunicante posteriore; *c.p.*, a. cerebrale posteriore; *c.s.*, a. cerebellare superiore; *n.t.*, a. del nervo trigemino; *ra.1°*, a. radicolare prima; *t.a.a.* tratto arterioso midollare anteriore; *v.* a. vertebrale.

aa. vertebrales (fig. 265, *v*). Questi due grossi tronchi, dopo essere penetrati nel canale vertebrale attraverso alla membrana atlanto-occipitale posteriore e dopo aver dati alcuni ramoscelli a questa membrana ed all'endorachide che tappezza la faccia interna dell'arco dell'atlante, perforano la dura madre, alla quale danno pure ramuscoli; così penetrano nello spazio intradurale proprio nel limite tra la porzione cranica e la porzione spinale di questo spazio. Volgendo oblique in alto, in avanti e medialmente attraversano dall'indietro in avanti le faccie laterali del bulbo in corrispondenza delle estremità inferiori delle olive, quindi sotto alle origini apparenti dei nervi mielencefalici (fig. 265). Percorrono allora la faccia anteriore del bulbo, essendo oblique in alto e medialmente, e davanti al foro cieco s'incontrano l'una con l'altra e si fondono per formare l'*a. basilare*; l'angolo prodotto dal loro incontro è molto vario, ed in media è di 60° (da 50° a 78°).

Le *aa. vertebrales* originano i seguenti rami:

a) I *rami discendenti posteriori* (*aa. vertebro-spinales posteriores* dell'Adamkiewicz), che provengono dalla faccia posteriore delle vertebrales appena esse hanno attraversato la dura madre e prima che abbiano raggiunta la corrispondente faccia laterale del bulbo (fig. 266, *h*); tali rami volgono in basso, si gettano sulla faccia bulbare ora ricordata, e decorrono allora subito dietro alle origini apparenti delle radici del nervo spinale, passando poi tra questo nervo e le radici posteriori del primo nervo cervicale; inosculandosi coi rami ascendenti delle *aa. radicolari posteriori* l' costituiscono l'origine dei tratti arteriosi postero-laterali, che vedemmo percorrere tutta la midolla spinale (cfr. a pag. 291).

b) Le *aa. cerebellari inferiori-posteriori* (*aa. vertebro-cerebellares inferiores posteriores* dell'Adamkiewicz), le quali (fig. 266, *f*) si distaccano dal lato posteriore delle vertebrales (spesso dal tronco basilare; fig. 265, *c.i.p.*); appena esse hanno incontrato le faccie laterali del bulbo, con decorso molto flessuoso volgono in dietro, passando tra le radici dell'ipoglosso o del vago ed all'esterno dello spinale, e si portano sulla faccia posteriore, circa 1 cm. sotto alla tela coiroidea mielencefalica (fig. 267, *a*); allora costituiscono una curva a concavità esterna, penetrano nella pia madre cerebellare e terminano distribuendosi nel cervelletto nel modo che studieremo nel prossimo capitolo.

c) I *rami discendenti anteriori* (aa. vertebro-spinali anteriori dell'Adamkiewicz) che originano dal lato mediale delle vertebrali nel tratto di esse situato sulla faccia anteriore del bulbo (fig. 265); questi rami, per lo più asimmetrici, volgono in basso verso la midolla spinale con decorso tortuoso e si avvicinano gradatamente l'uno all'altro, sino a che si fondono in un solo vaso, il quale forma il principio del tratto arterioso anteriore della midolla spinale (fig. 265, *t.a.a.*; pg. 291).

Se ora paragoniamo le aa. vertebrali coi loro rami alle arterie vertebro-midollari della midolla spinale vediamo che le aa. vertebrali prima di attraversare la membrana atlanto-occipitale posteriore rappresentano le aa. vertebro-midollari I° (Sterzi 1904); poi, appena attraversata tale membrana ed aver dato i rami dell'endorachide, costituiscono le aa. midollari I°; quindi ognuna di esse si divide in due rami, nell'a. radicolare anteriore I (a. vertebrale) e nell'a. radicolare posteriore I (ramo discendente dell'a. vertebrale). L'a. radicolare anteriore I si suddivide in un ramo ascendente (tratto della vertebrale che va a costituire l'a. basilare) ed in uno ramo discendente (ramo discendente anteriore) che prende parte alla formazione del tratto arterioso anteriore della midolla. Per ciò il circolo arterioso compreso tra le aa. vertebrali ed i loro rami discendenti anteriori è omologo ai circoli arteriosi della midolla spinale (Sterzi, 1904).

Tralasciando di trattare delle numerose varietà dell'a. vertebrale, perchè formano argomento dell'angiologia, veniamo allora

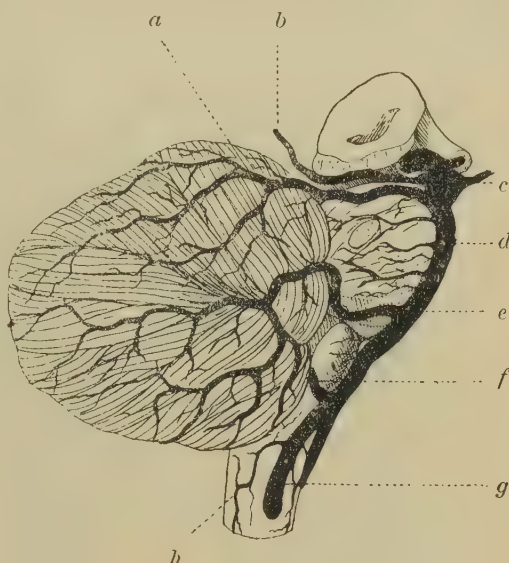


Fig. 266 — Le arterie del metencefalo e del mielencefalo vedute dalla faccia laterale di questi organi (donna di 37 anni). — *a*, a. cerebellare superiore; *b*, a. coroidea posteriore; *c*, a. cerebrale inferiore; *d*, a. basilare; *e*, a. cerebellare inferiore anteriore; *f*, a. cerebellare inferiore posteriore; *g*, a. vertebrale; *h*, suo ramo discendente posteriore.

ad esaminare come questa arteria provveda alla irrorazione del mielencefalo. Le aa. vertebrali direttamente prendono scarsa parte a questa vascolarizzazione; infatti da esse o si partono scarsi rami e molto sottili, o non se ne distaccano affatto. Invece le aa. vertebrali irrorano il mielencefalo per mezzo dei rami sopra descritti, cioè dei rami discendenti anteriori e posteriori e delle aa. cerebellari inferiori posteriori; da questi rami originano numerose diramazioni che si distribuiscono su tutta la faccia esterna



Fig. 267 — Le arterie della faccia posteriore del bulbo e della faccia inferiore del cervelletto (la fessura mielo-cerebellare è stata aperta abbassando il mielencefalo con un uncino; il lobulo tonsillare destro del cervelletto è stato asportato in parte). — *a*, a. cerebellare inferiore posteriore; *b*, suo ramo discendente; *c*, aa. della tela coroidea mielencefalica; *d*, lobulo tonsillare sezionato; *e*, rami laterali ed *f*, rami mediali dell'a. cerebellare predetta; *g*, verme inferiore del cervelletto.

del bulbo e si spingono fino al contorno della tela coroidea mielencefalica, ove macroscopicamente non si possono più seguire. Oltre che dai rami suddetti giunge sangue al bulbo anche per mezzo dei rami collaterali inferiori dell'a. basilare, i quali volgono in basso fino a penetrare nel solco bulbo-pontino e poi circondano dall'avanti all'indietro il mielencefalo, seguendo questo solco. Tutti questi rami, in varia guisa dividendosi ed anastomizzandosi, costituiscono alla superficie del mielencefalo una rete

più fitta di quella della midolla spinale, che chiameremo *rete arteriosa superficiale* (fig. 265); tale rete macroscopicamente è riconoscibile solo in corrispondenza del bulbo, poichè le arteriole della tela corioidea sono annidate entro alle pieghe di questa membrana, e per ciò meglio si possono vedere dalla sua faccia interna. Queste ultime provengono per la massima parte dall'a. cerebellare inferiore, e spesso (fig. 267, c) se ne osservano quattro, due laterali che si distribuiscono precipuamente ai plessi corioidei dei recessi laterali del quarto ventricolo, e due mediali, destinate ad irrorare i plessi corioidei longitudinali (Duret).

I rami discendenti ed il tronco delle aa. vertebrali si distribuiscono specialmente alla faccia anteriore del bulbo; le aa. cerebellari inferiori ne irrorano invece la faccia posteriore.

Arterie intrabulbari —

Dalla rete superficiale del mielencefalo originano numerosi rami che penetrano nella sostanza nervosa ed essi fondamentalmente si comportano come quelli della midolla spinale (cfr. a pg. 294); basandoci sul loro cammino, potremo anche nel bulbo indicarli coi nomi di *aa. centrali* e di *aa. periferiche* (fig. 268, 269). Dalla rete superficiale non provengono mai rami che terminino in capillari della pia madre; tutto il sangue, che le arterie versano nella rete superficiale del bulbo, è destinato a nutrire la sostanza nervosa, proprio come accade per la midolla spinale.



Fig. 268 — La distribuzione delle arterie nel bulbo in corrispondenza dell'incrocio delle piramidi (emisezione trasversale, imit. dall'Adamkiewicz). Ingr. = 6 D. — a, a. centrale; b, rete della formazione reticolare grigia; c, rete della zona grigia posteriore; d, rete del nucleo del fascicolo cuneato; e, rete del nucleo del fascicolo gracile; f, a. del solco mediano posteriore; g, rete della sostanza grigia centrale; h, condotto mielencefalico; i, rete della zona grigia anteriore; j, rete dell'incrocio piramidale.

Le *aa. centrali* (1) nella porzione inferiore del bulbo provengono dal tratto arterioso anteriore (fig. 268, *a*); nel resto del bulbo, ove questo tratto manca, derivano dalla rete superficiale sopra menzionata, che è costituita dai rami discendenti anteriori delle *aa. vertebrali* (fig. 269). Hanno un calibro di mm. 0,25-0,10 (Charpy) e penetrano nella fessura anteriore del bulbo (fig. 268, 269). Mentre all'estremità inferiore del bulbo si comportano presso a poco come le midollari, cioè sono situate in una sola serie sagittale e terminano volgendo ora a destra ed ora a sinistra, sopra all'incrociamiento delle piramidi si dividono in vari rami entro alla fessura predetta ed alcuni volgono da un lato, altri all'altro; in corrispondenza delle olive (fig. 269) si osservano due o tre *aa. centrali* in uno stesso piano trasverso, di cui una parte si distribuisce ad una metà e l'altra all'altra metà del bulbo (Adamkiewicz). A livello dell'incrociamiento piramidale (fig. 269) le *aa. centrali* sono brevi; non penetrano nell'incrociamiento, ma terminano davanti alle fibre incrociate, ora volgendo da un solo lato, ora dividendosi in due rami che si espandono contemporaneamente alle due metà del bulbo (Adamkiewicz).

Le *aa. centrali* si distribuiscono alle piramidi ed al loro incrociamiento, al rafe, alla sostanza bianca situata tra il rafe e le zone grigie anteriori, a queste zone ed alla parte media della zona grigia centrale spingendosi fino alla parete anteriore del ventricolo mielencefalico (fig. 269); per ciò i nuclei ambigui ed i nuclei dell'ipoglosso sono vascolarizzati da queste arterie.

Le *aa. periferiche* (fig. 268-269) penetrano nell'interno del bulbo da tutta la sua periferia, avendo quindi un decorso raggiato; per la massima parte provengono dalla rete piale, alcune però originano direttamente dalle *aa. cerebellari inferiori* o dai rami discendenti delle *aa. vertebrali*. In generale non presentano alcuna regolarità e sono più o meno grosse; le più grosse si spingono profondamente e giungono fino alla sostanza grigia, le altre invece si esauriscono dopo breve cammino; per ciò anche nel bulbo si possono distinguere in *lunghe* ed in *corte*. Il loro territorio di distribuzione è molto vasto ed a seconda di esso si possono dividere in arterie delle zone grigie anteriori, in *aa. dei nuclei dei fascicoli gracili e cuneati*, in *aa. dei nuclei arciformi*, dei nuclei olivari inferiori e dei nuclei paraolivari (fig. 268).

(1) Sinonimia: *aa. mediane* (Duret), *aa. del solco* (Adamkiewicz).

Fra le aa. periferiche alcune si distinguono dalle altre per la loro regolarità. Tra queste si devono menzionare le *aa. del solco mediano posteriore* (fig. 268, *f*), che similmente a quelle della midolla spinale, penetrano dal fondo di questo solco. Naturalmente si trovano solo in corrispondenza del condotto mielencefalico, poichè a livello del ventricolo la parete posteriore del mielencefalo è costituita dalla tela coroidea. Penetrano lungo il setto gliale che si trova tra il solco ed il condotto e terminano distribuendosi alla sostanza grigia che circonda quest'ultimo (fig. 268, *g*); lungo il loro cammino emettono numerose collaterali che irrorano il fascicolo gracile ed il nucleo omonimo (*e*); le loro terminazioni provvedono anche a vascolarizzare i nuclei dell'ipoglosso e dello spinale, che, come sappiamo, sono situati in prossimità del condotto mielencefalico.

Altre aa. periferiche degne di speciale menzione sono le *aa. nucleari*, che si distribuiscono ai nuclei dei nervi glosso-faringeo, vago ed ipoglosso. Queste arterie penetrano nel bulbo dall'area postolivare in numero di 6-10 (Adamkiewicz) e quasi parallele tra loro volgono verso il mezzo della parete anteriore del ventricolo (fig. 269, *j*), seguendo il cammino delle fibre dei nervi sopra ricordati; giunte in corrispondenza dei nuclei motori e sensitivi di tali nervi, esse vi terminano, costituendo le arterie nutritizie principali di questi nuclei (Adamkiewicz); è tuttavia interessante notare che ad essi proviene sangue anche dalle altre aa. periferiche e che ad alcuni, come a quelli dell'ipoglosso, ne deriva anche dalle aa. centrali. Così si comportano anche i vasi dei nuclei olivari inferiori (fig. 269, *i*); questi nuclei ricevono contemporaneamente sangue da rami delle aa. centrali, che penetrano nell'interno delle olive per l'ilo, e da rami delle aa. periferiche, i quali raggiungono invece le olive dalla loro periferia.

Come nella midolla spinale, anche *nel mielencefalo tutte le arterie che penetrano nella sostanza nervosa sono terminali*; invece le arterie superficiali sono ampiamente anastomizzate tra loro.

II - Capillari

I capillari della midolla allungata presentano i medesimi caratteri di quelli della midolla spinale, formano cioè delle maglie irregolari per forma e direzione, molto fitte nella sostanza grigia, più ampie nella sostanza bianca. Il loro diametro in media è di

7 μ ; se ne incontrano però anche di quelli che hanno appena un diametro di 3 μ ed all'opposto altri che misurano 10 μ di diametro. Le reti capillari sono tutte comunicanti tra loro, cosicchè le arterie che penetrano nel bulbo e che sono terminali perchè non mai riunite per mezzo di tronchi anastomotici con caratteri di arterie, danno poi origine a capillari ampiamente anastomizzati.



Fig. 269 — I capillari del bulbo (sezione trasversale in corrispondenza della metà del nucleo olivare inferiore, imitata dall'Adamkiewicz). — A destra è rappresentato il bulbo colorito col metodo del Weigert, per dimostrare i rapporti tra la distribuzione capillare e la costituzione del bulbo. — *a*, nucleo dell'ipoglosso; *b*, nucleo dorsale motore del vago; *c*, nucleo vestibolare principale; *d*, fascio solitario; *e*, nucleo olivare inferiore; *f*, via piramidale; *g*, a. centrale; *h*, rete dei nuclei arcuati; *i*, rete del nucleo olivare; *j*, aa. nucleari.

Quello che fu esposto intorno alle reti capillari della midolla spinale si può ripetere per le bulbari (cfr. a pg. 297).

Riguardo alla quantità di sangue portato alla rete capillare dalle arterie mielencefaliche, devesi notare che le aa. centrali vi portano circa un terzo del sangue, mentre gli altri due terzi sono forniti dalle aa. periferiche.

I villi coroidei presentano una ricca rete capillare. Le ar-

terie coroides, percorrendo la faccia posteriore della tela, danno origine a dei ramuscoli collaterali o terminali che penetrano entro ad ogni villo primario (cfr. a pg. 493) e quì si dividono e si suddividono fino a che terminano in piccoli vasi a parete capillare, ma di diametro doppio o triplo di un capillare, detti sinusoidi. Questi vasi percorrono il contorno del villo, come abbiamo già veduto, e talvolta si suddividono ulteriormente (cfr. fig. 251), terminando col dare origine ad una vena. I sinusoidi spesso percorrono non un solo villo, ma tre o quattro villi situati l'uno di seguito all'altro; per conseguenza hanno un cammino molto tortuoso.

III - Vene

Dalle reti capillari originano delle vene che si possono distinguere in *vv. centrali* ed in *vv. periferiche*; esse hanno decorso opposto alle arterie omonime, senza però essere loro satelliti.

Le *vv. periferiche* sono meno numerose delle arterie, ma per compenso hanno calibro alquanto superiore. La loro disposizione è irregolare; tuttavia vanno menzionate le *vv. del solco mediano posteriore*, le quali, alternandosi con le arterie, raccolgono il sangue dalla rete capillare che circonda il condotto mielencefalico e le *vv. nucleari*, che si raccolgono nell'area postolivare e provengono dai nuclei dei nervi bulbari.

Le *vv. centrali* ora si alternano con le arterie, ora si trovano nel medesimo piano trasversale che contiene una od anche due di queste arterie; nella fessura mielencefalica spesso si anastomizzano in modo da formare un vero plesso. In corrispondenza dell'incrociamiento delle piramidi sono molto corte, e ciò perchè si comportano come le arterie, cioè penetrano nella sostanza nervosa davanti all'incrociamiento senza perforarlo; le più lunghe si trovano invece in corrispondenza del foro cieco, nel quale è sempre facilmente dimostrabile il plesso che tali vene formano. Le *vv. centrali* hanno un calibro complessivo di gran lunga inferiore a quello delle *vv. periferiche*; queste trasportano quindi la massima parte del sangue che ritorna dal bulbo. Paragonando poi tra loro i calibri delle *aa.* e delle *vv. centrali* e tenendo conto del fatto che le vene sono in numero minore delle arterie, si deve ammettere che una parte del sangue recato dalle arterie centrali esca per mezzo di vene periferiche.

Tutte le vene che fuoriescono dal bulbo sono raccolte da tronchi situati nella pia madre ed anastomizzati in guisa da formare una ricca rete, *rete venosa superficiale*; per ciò alla superficie del bulbo si hanno due reti vasali, una arteriosa e venosa l'altra. Quest'ultima presenta maglie più fitte della prima e si vede bene nel fresco perchè i suoi vasi sono pieni di sangue (fig. 270). Nella rete venosa si osservano due tratti anastomotici longitudinali, uno anteriore e l'altro posteriore.



Fig. 270 — Vene della faccia anteriore del mielencefalo, del metencefalo e del mesencefalo. — *a*, vv. mesencefaliche; *b*, vv. del ponte; *c*, *d*, vv. cerebellari inferiori anteriori; *e*, vv. cerebellari inferiori mediane.

Il *tratto venoso anteriore* (1) (fig. 270) decorre lungo la fessura mielencefalica ed è una grossa vena, spesso interrotta e ramificata, che in alto comincia dalla rete venosa anteriore del ponte. In corrispondenza del foro cieco raccoglie le vene che da esso fuoriescono e da questo momento si dirige in basso, lungo la fessura mielencefalica, per continuarsi col tratto omonimo della midolla spinale (cfr. a pg. 300)

Le vene afferenti del tratto venoso anteriore sono le vv. cen-

(1) Impropiamente chiamato: *vena mediana anteriore del bulbo*

trali e la parte anteriore della rete venosa superficiale; le effe-
renti sono rappresentate da due o più rami, i quali accompagnano
le radici dell'ipoglosso comportandosi come le vene radicolari an-
teriori della midolla spinale. Questi rami formano un plesso che
circonda l'ipoglosso e che sbocca nel plesso venoso del canale
condiloideo anteriore; talvolta il plesso lungo il tronco dell'ipo-
glosso è sostituito da un vaso unico (*v. dell'ipoglosso*: Kadyi).

Il *tratto venoso posteriore* (1) è bene manifesto solamente al di
sotto della tela coroidea; percorre allora il solco mediano po-
steriore del bulbo, formando la diretta continuazione del tratto
omonimo della midolla spinale. Lungo il suo tragitto raccoglie
le vene del solco mediano posteriore e molti rami della rete ve-
nosa superficiale; da esso si dipartono alcune diramazioni, omo-
loghe alle vv. radicolari posteriori della midolla spinale, che si
accompagnano ai nervi vago e glosso-faringeo e che per lo più
su questi nervi formano dei veri piccoli plessi; terminano nei seni
della dura madre encefalica.

Dalla rete venosa superficiale della faccia posteriore del mie-
lencefalo si dipartono anche rami che vanno a sboccare nella
rete venosa situata sulla faccia inferiore del cervelletto.

Le vene della tela coroidea mielencefalica originano dai vasi
dei villi coroidei; parecchi di tali vasi danno origine ad una ve-
nuzza; riunendosi più e più volte tra loro, le venuzze in tal guisa
costituite finiscono per formare dei tronchicini che si portano
nella faccia posteriore della tela. Quì vengono raccolti da vasi
superficiali o *vv. coroidee*, le quali terminano sboccando nella rete
venosa superficiale del bulbo.

§ 6

Sviluppo del mielencefalo

A - Morfogenesi

Nello studiare lo sviluppo encefalico generale (cfr. a pg. 342
e segg.) abbiamo veduto come già molto precocemente (embrioni
umani lunghi 7 mm., ossia all'età di 21 giorni dalla fecondazione),
il rombencefalo si divida in metencefalo ed in mielencefalo per

(1) Impropiamente chiamato *vena mediana posteriore del bulbo*.

la comparsa del *solco mielo-metencefalico*, la cui espressione ventricolare è la *piega mielo-melencefalica*, e sappiamo pure che il mielencefalo si continua col metencefalo formando la *piegatura del ponte* e con la midolla spinale costituendo la *piega nucale* (fig. 194). Inoltre a questo stadio sono già distinguibili nel mielencefalo una porzione di spessore rilevante, che corrisponde alla parete anteriore ed alle pareti laterali del mielencefalo definitivo, ed una parte sottile costituita dalla parete posteriore; la prima rappresenta l' *abbozzo della midolla allungata o bulbo*, la seconda l' *abbozzo della tela corioidea mielencefalica* (cfr. a pg. 346 e fig. 201, A).

Per la morfologia e per la struttura l'abbozzo della midolla allungata assomiglia a quello della midolla spinale degli embrioni umani di pari età (cfr. a pg. 304); per ciò vi si distinguono la *placca del tetto*, la *placca basale* e le *pareti laterali* divise per mezzo del solco limitante in *placca fondamentale*, in *porzione intermedia* ed in *placca alare*.

La placca basale e la placca del tetto sono formate da un semplice strato endodermale; le pareti laterali mostrano invece già il neurosincizio diviso in strato marginale, in strato del mantello ed in strato germinativo, come nella midolla spinale (cfr. a pg. 306). La placca del tetto diventa sempre più larga a misura che si va verso il metencefalo (fig. 201) e nella metà superiore, ove è più ampia, forma l'abbozzo della futura tela corioidea mielencefalica. Il ventricolo mielencefalico per ciò ha in avanti la forma di un imbuto schiacciato in senso laterale (fig. 201, A), mentre in dietro è tubolare (B); la prima porzione è l'abbozzo del *ventricolo mielencefalico*, la seconda quello del *condotto mielencefalico*. Se confrontiamo dunque questi primi stadi di sviluppo del mielencefalo, con quelli della midolla spinale osserviamo che il carattere differenziale precipuo tra i due organi è dato dal diverso comportamento della placca del tetto; nella midolla spinale essa scompare perchè le placche alari si fondono insieme, invece nel mielencefalo diventa ampia dando origine alla tela corioidea e così le placche alari rimangono separate. Se quindi in un mielencefalo a qualunque stadio, noi immaginiamo di asportare la tela corioidea e di porre a contatto le pareti solide del ventricolo non lasciando pervio che un canale in continuazione col condotto mielencefalico, avremo riprodotto l'aspetto grossolano della midolla spinale.

Alla fine del primo mese dalla fecondazione la forma del mielencefalo subisce importanti modificazioni. La piegatura del ponte e la piegatura nucale diventano più accentuate (cfr. la fig. 201 con la fig. 271); l'asse mielencefalico è allora situato in un piano

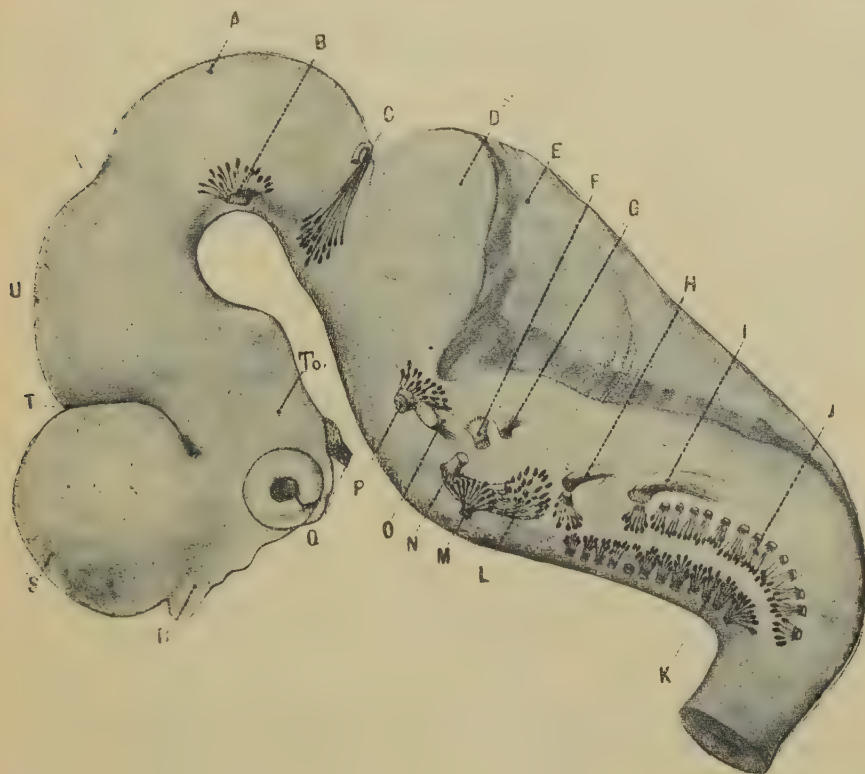


Fig. 271 — I nuclei e le origini apparenti dei nervi nell'abbozzo encefalico di un embrione umano lungo mm. 10.2 all'eminenza nucale alla coccigea (secondo W. His, modificata). — A, mesencefalo; B, nervo oculo-motore; C, nervo trocleare; D, metencefalo (cervelletto); E, tela corioidea mielencefalica; F, nervo cocleare; G, nervo vestibolare; H, nervo glosso-faringeo con le sue due porzioni, motrice in avanti e sensitiva in dietro; I, nervo vago con la sua porzione sensitiva e motrice; J, nervo spinale; K, nervo ipoglosso; L, N, nervo facciale; M, nervo abducente; O, radice sensitiva e P, radice motoria del trigemino; Q, vescicola ottica; R, rinencefalo; S, telencefalo; T, solco diencefalo-telencefalico; U, diencefalo; V, solco meso-prosencefalico; To, talamo ottico.

quasi orizzontale ed è diretto dall'innanzi all'indietro; per ciò il mielencefalo presenta una volta, una base, due pareti e due estremità.

La volta è in gran parte costituita dall'abbozzo della tela coroidea (fig. 271, *E*), ampia membrana formata dalla placca del tetto divenuta molto larga, la quale è triangolare e ha la base in avanti che si continua col margine inspessito della volta metencefalica. L'apice del triangolo corrisponde alla piegatura nucale (fig. 271) ed è quindi a breve distanza dal limite tra mielencefalo e midolla spinale; nel tratto che intercede tra esso ed il principio della midolla, la placca del tetto è scomparsa perchè le pareti laterali del mielencefalo si sono saldate dietro al condotto mielencefalico col medesimo processo che produce il canale centrale della midolla spinale. Gli angoli anteriori della tela coroidea sporgono molto e si insinuano in avanti (fig. 271); i margini laterali si continuano con le pareti laterali inspessite del ventricolo e tra lo spessore di queste pareti e la sottigliezza della tela il passaggio è graduale; la base nel margine libero della piega mielo-metencefalica si continua con la volta metencefalica (*D*), la quale è molto sottile in quel tratto che forma la piega predetta (fig. 272). A questo tratto sottile di volta metencefalica potremo dare il nome di *valvola cerebellare*, perchè corrisponde alla formazione omonima dei craniofagi inferiori (selaci: Sterzi, 1909-12). La piega mielo-metencefalica ha quindi due pareti, una inferiore e posteriore formata dalla tela coroidea, l'altra superiore ed anteriore costituita dalla valvola cerebellare; esse si continuano l'una con l'altra nel margine libero della valvola (fig. 272).

La base e le pareti laterali del mielencefalo sono regolarmente lisce ed arrotondate; vi si distinguono le origini apparenti dei nervi (fig. 271), nelle quali è notevole il fatto che i nervi motori sono inferiori rispetto ai sensitivi (corrispondentemente a quello che si osserva nelle radici dei nervi midollari) e che i nervi motori somatici sono posti sotto ai nervi motori viscerali (fig. 271). L'origine apparente dei nervi mielencefalici a questo stadio corrisponde quindi alla situazione dei nuclei cellulari dai quali derivano i nervi motori ed ai quali terminano i nervi sensitivi. Inoltre si osserva che il numero dei nervi provenienti dal mielencefalo è superiore a quello che noi abbiamo descritto nell'adulto; troviamo infatti tra i nervi nettamente mielencefalici l'ab-

ducente (fig. 271, *M*), il facciale (*L*, *N*) ed il cocleare (*P*), che nell'adulto sorgono dal ponte, e vediamo essere situato nel limite tra mielencefalo e metencefalo lo stesso trigemino (*O* + *P*). La diversità di posizione nell'origine dei nervi tra l'embrione e l'adulto è dovuta ad un vero spostamento che compiono le origini apparenti durante lo sviluppo e che è collegato con spostamenti dei

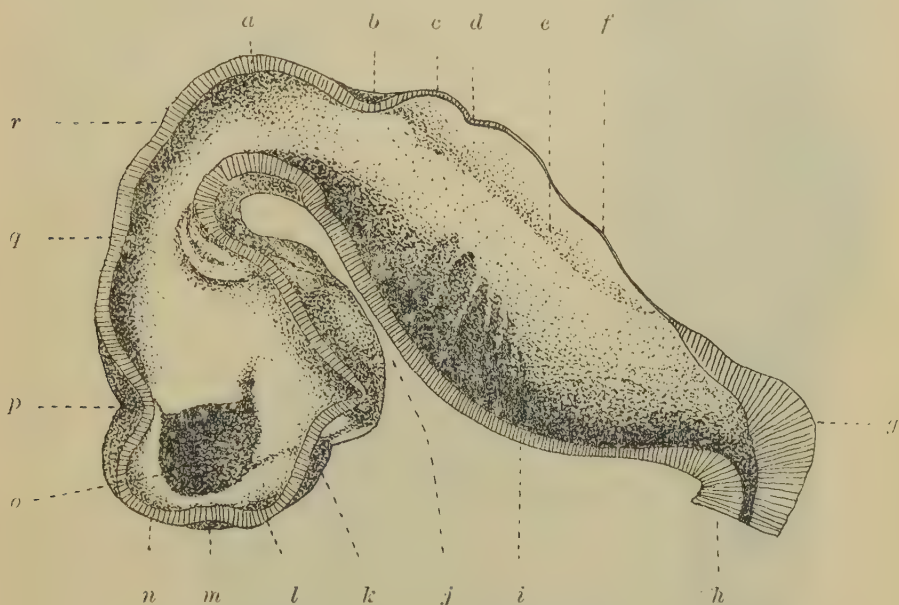


Fig. 272 — Metà destra della sezione sagittale mediana dell'abbozzo encefalico di un embrione umano lungo mm. 10.5 (ricostruzione di W. His, modificata). — *a*, mesencefalo; *b*, solco rombo-mesencefalico; *c*, metencefalo; *d*, solco mielo-metencefalico; *e*, linea d'inserzione della tela coroidea mielencefalica; *f*, piegatura nucale; *g*, midolla spinale; *h*, bulbo in cui si vedono le fossette neuromeriche; *j*, fessura rombo-infundibolare; *k*, emisfero cerebrale primitivo; *l*, lamina terminale; *m*, recesso neuroporico; *n*, lamina sopraneuroporica; *o*, foro interventricolare (del Monro); *p*, solco diencefalo-telencefalico e velo trasverso; *q*, diencefalo; *r*, solco meso-prosencefalico.

nuclei di tali nervi; non si può dire se questi ultimi spostamenti siano la causa o l'effetto di quelli delle origini apparenti.

Il ventricolo mielencefalico (fig. 272) è divenuto più ampio di quello che era nello stadio precedente ed ha la forma di un lungo imbuto, un po' schiacciato in senso laterale, che presenta l'apice volto in dietro e bruscamente ripiegato ad angolo in corrispondenza della piega nucale. Il ventricolo è completamente

chiuso nella sua parete posteriore, perchè la tela coroidea (fig. 272, *f*) non presenta neppure traccia dei fori che vi abbiamo descritto nell'adulto; è aperto solo all'estremo anteriore,

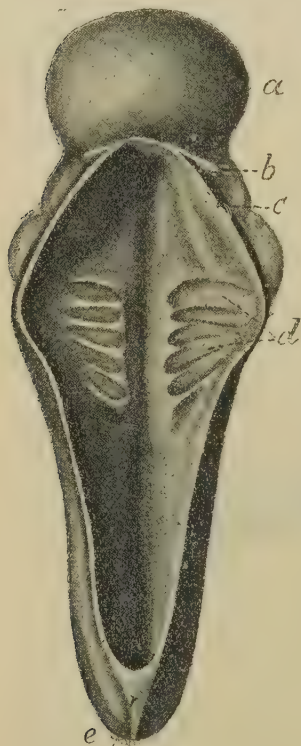


Fig. 273 — Mielencefalo e metencefalo di un embrione umano di un mese, veduti dalla faccia posteriore dopo l'asportazione dell'abbozzo della tela coroidea (secondo lo Streeter). — *a*, mesencefalo; *b*, nervo trocleare; *c*, placche alari rombencefaliche; *d*, fossette neuromeriche; *e*, placca del tetto in corrispondenza della piega nucale.

ove comunica largamente col ventricolo metencefalico, ed all'estremità posteriore, ove si continua per mezzo di un brevissimo condotto mielencefalico col canale centrale della midolla spinale (*h*). Nelle pareti laterali del ventricolo si osserva sempre bene manifesto il solco limitante che le separa in una porzione superiore ed in una porzione inferiore; la porzione inferiore di ogni parete è divisa da quella della parete opposta per mezzo di un solco longitudinale (fig. 273), che in avanti si continua nella parete inferiore del ventricolo metencefalico ed in dietro si continua nel condotto mielencefalico e di qui nel canale centrale della midolla spinale. Le due porzioni inferiori delle pareti laterali sono poste in un piano quasi orizzontale e producono quindi il pavimento ventricolare; il solco suddetto, che lo divide in due metà, chiamasi *solco mediano del ventricolo mielencefalico* ed è quello che si conserva anche nell'adulto. Ai lati di questo solco si notano sei depressioni per ogni lato, denominate *fossette neuromeriche* (fig. 272, 273); l'anteriore appartiene al metencefalo, le altre cinque sono tutte mielencefaliche. Si è cercato di determinare in quali rapporti stanno coi nuclei dei nervi e sembra che le prime due fossette corrispondano ai nuclei del trigemino, la terza a quello del facciale, la quarta

al nucleo dell'abducente, la quinta ai nuclei del glosso-faringeo e la sesta ai nuclei del vago (fig. 273); la questione non è però ancora risolta. Le fossette neuromeriche sono transitorie; alla fine

del primo mese di gestazione cominciano a ridursi e scompaiono poi completamente; tra esse e le depressioni che trovammo nella parete anteriore del ventricolo mielencefalico adulto non vi è alcuna corrispondenza.

* * *

Col crescere dell'embrione il mielencefalo va rapidamente acquistando la forma definitiva e già al terzo mese di gestazione questa forma ha fundamentalmente i caratteri di quella dell'adulto (fig. 274).



Fig. 274 — Mielencefalo e metencefalo di un embrione umano alla fine del III mese (imit. dallo Streeter). — *a*, tenia inferiore del recesso laterale del ventricolo mielencefalico; *b*, nervo acustico; *c*, nervo facciale; *d*, ponte; *e*, nervo trigemino; *f*, abbozzo del flocculo cerebellare; *g*, peduncolo del flocculo e tenia superiore del recesso laterale; *h*, emisfero cerebellare; *i*, velo midollare inferiore; *j*, verme superiore del cervelletto; *k*, area sulla quale si estenderà il nodulo del cervelletto; *l*, tenia mielencefalica ed oblice; *m*, scissura cerebellare primaria posteriore.

Le pareti inferiori e laterali già al principio del secondo mese diventano molto grosse ed in special modo nella metà anteriore del mielencefalo (fig. 274, 277), ove sono fortemente ripiegate in fuori, così da incontrarsi coi loro piani formando un angolo

diedro aperto in alto di circa 120° (fig. 277). La parete posteriore continua a rimanere sottile nella sua parte anteriore, ove costituisce l'abbozzo della tela coroidea; nella parte posteriore si è esteso in avanti quell'ispessimento della placca del tetto che nello stadio precedente era limitato alla piegatura nucale, e per ciò l'abbozzo della tela (che dalla predetta placca è formato) si accorcia; nel medesimo modo si comporta il ventricolo mielencefalico, che diventa più corto, mentre il condotto mielencefalico si allunga in proporzione. Lungo la linea mediana anteriore del mielencefalo si trova un *solco longitudinale* molto superficiale, (fig. 277, *g*), simile a quello che trovammo nell'abbozzo della midolla spinale; verso il quinto mese di gestazione, quando cominciano le sporgenze delle piramidi, questo solco si muta nella *fessura mielencefalica*, diventando più profondo. Le olive cominciano a sporgere anch'esse verso il quinto mese e più tardi compaiono le fibre arciformi esterne anteriori.

Il ventricolo mielencefalico è largo, ma poco alto; negli embrioni di 2-3 settimane dalla fecondazione la tela coroidea che lo copre è molto rigonfiata verso l'esterno; invece al di là del primo mese diventa pianeggiante (fig. 278). In avanti comunica col ventricolo metencefalico per mezzo di un orifizio ristretto, compreso tra la piega mielo-metencefalica (fig. 275, *e*) e l'abbozzo della midolla allungata (*g*) e del ponte (*j*). La strettezza di tale orifizio è prodotta dall'approfondimento che ha subito il solco mielo-metencefalico (*e*), che seguita sempre ed avere le pareti costituite dalla *valvola cerebellare* (*d*) e dalla tela coroidea mielencefalica (*f*); quest'ultima è ripiegata ad angolo per penetrare nel solco (fig. 275).

La formazione del cervelletto (fig. 275, *c*), organo che comincia come un grosso cercine trasversale e che rapidamente cresce di volume (fig. 274, *h*) sporgendo sulla valvola predetta (*f*+*g*+*i*+*k*), spinge indietro quest'ultima, che al secondo mese della gestazione è quasi esattamente trasversale. Gli angoli anteriori del ventricolo si fanno sempre più accentuati e crescono tanto da determinare due veri diverticoli ventricolari, che sono i *recessi laterali del ventricolo mielencefalico definitivo* (fig. 274, *l*); due prolungamenti della tela coroidea si estendono su essi. L'angolo posteriore del ventricolo è ristretto, imbutiforme e conduce nel condotto mielencefalico. Già al secondo mese di gestazione scompaiono le fossette neuromeriche e permane solo il solco ven-

tricolare mediano; verso il sesto mese cominciano a notarsi le altre particolarità che trovammo nella parete anteriore del ventricolo dell'adulto.

La tela corioidea subisce importanti modificazioni dopo il primo mese di gestazione. Come abbiamo veduto, il ventricolo si accorcia e quindi fa altrettanto la tela (cfr. la fig. 271 con la fig. 274); però essa conserva forma triangolare con la base volta in avanti. Dagli angoli anteriori invia lateralmente due lunghi e stretti prolungamenti che coprono i predetti recessi laterali del ventricolo. Siccome le pareti laterali del mielencefalo sono inspessite mentre la tela si mantiene sottile, ne risulta un passaggio piuttosto rapido da questa sottigliezza a quello spessore; tale passaggio viene prodotto da una lamina prismatica triangolare che con una faccia si continua con le pareti mielencefaliche e con lo spigolo opposto dà inserzione alla tela (fig. 278, *o*); tale lamina, già ben manifesta alla metà del secondo mese di gravidanza, è la *tenia mielencefalica*, e la si trova solo ai lati dell'abbozzo della tela. La base di questa si continua infatti con la valvola cerebellare (fig. 275, *d*), la quale si mantiene sottile, e quindi in corrispondenza di essa non può formarsi una tenia. All'angolo posteriore del ventricolo le due tenie si uniscono e formano così l'*obice*, bene manifesto già negli embrioni di cinque settimane (fig. 275). La tenia mielencefalica è estroflessa, come se il liquido contenuto nel ventricolo la spingesse verso l'esterno (fig. 274, 278); tra la tenia e le faccie late-

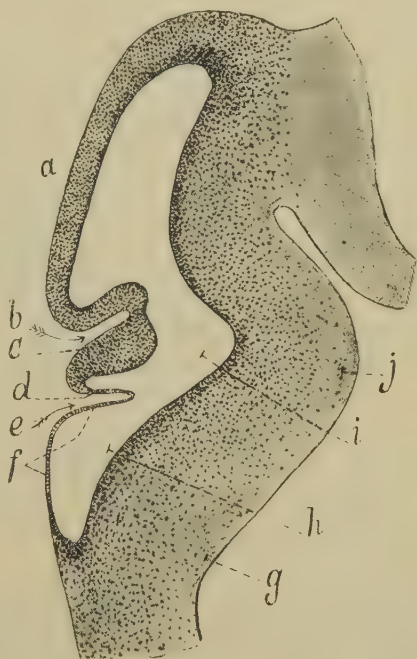


Fig. 275 — La parete posteriore del mielencefalo e del metencefalo in sezione sagittale paramediana (embrione di maiale lungo 30 mm.; ingrand. = 10 D.). — *a*, lobo ottico (volta del mesencefalo); *b*, solco rombo-mesencefalico; *c*, abbozzo del cervelletto; *d*, valvola cerebellare; *e*, solco mielo-metencefalico; *f*, tela corioidea mielencefalica; *g*, bulbo; *h*, ventricolo mielencefalico; *i*, ventricolo metencefalico; *j*, ponte.

formarsi una tenia. All'angolo posteriore del ventricolo le due tenie si uniscono e formano così l'*obice*, bene manifesto già negli embrioni di cinque settimane (fig. 275). La tenia mielencefalica è estroflessa, come se il liquido contenuto nel ventricolo la spingesse verso l'esterno (fig. 274, 278); tra la tenia e le faccie late-

rali del mielencefalo s'interpongono solchi molto stretti. Per tale estroflessione togliendo la tela coroidea si vede internamente ad ogni tenia una sporgenza arrotondata, tumida come un labbro, che ha il nome di *labbro romboidale* (fig. 274, *l*; fig. 278, *p*). Il labbro non si estende fino all'estremità posteriore del ventricolo, ma termina poco prima di raggiungere l'obice; esso è ben manifesto dal secondo al quarto mese di vita fetale; in seguito si appiana ed alla fine della gravidanza è intieramente scomparso.

I prolungamenti laterali della tela per mezzo delle sottili *tenie dei recessi laterali*, di cui è bene manifesta l'inferiore (fig. 274, *a*) si inseriscono in avanti a quel tratto di valvola cerebellare (*g*), che darà origine al peduncolo del flocculo, ed in dietro alla grossa midolla allungata. La parte media della valvola cerebellare (fig. 274, *i*) produce i veli midollari inferiori e su essa nel mezzo (*k*) si estende un lobulo cerebellare che chiamasi *nodulo*; la tela coroidea, che si attaccava alla valvola, nell'adulto viene per ciò ad inserirsi a queste formazioni.

Il solco mielo-metencefalico, che vedemmo determinare la profonda piega omonima (fig. 275, *e*), prende ora il nome di *solco coroideo* (fig. 276) perchè dal margine libero della piega suddetta si dipartono numerosi *villi coroidei*; la piega chiamasi allora *piega coroidea* e si estende in senso trasversale fino ai recessi laterali del ventricolo.

I villi coroidei sono prodotti da vasi sanguiferi che spingono verso il ventricolo l'epitelio coroideo (fig. 276); al quarto mese se ne formano anche nel resto della tela coroidea, dirigendosi in due serie sagittali paramediane che si arrestano ad una certa distanza dall'apice della tela, lasciando cioè libera quell'area nella quale più tardi si produrrà l'*apertura inferiore del ventricolo mielencefalico*. Quest'area, che chiameremo *area terminale* (Sterzi, 1912), è di forma ellittica con l'asse maggiore diretto longitudinalmente; quivi la tela è più sottile che nel resto e presenta epitelio pavimentoso. Verso il quinto mese vi compaiono dei pertugi che si allargano e confluiscono sino a che formano il foro definitivo. Le *aperture laterali del ventricolo mielencefalico* si formano al sesto mese con un processo simile a questo.

Col progredire dello sviluppo le origini dei nervi mielencefalici si spostano (cfr. la fig. 271 con la fig. 274). Già al terzo mese per l'origine apparente sono nettamente mielencefalici l'ipoglosso, la porzione encefalica dello spinale, il vago, il glosso-

faringeo, il vestibolare ed il cocleare (questi due riuniti insieme, fig. 274); il trigemino è puramente metencefalico, mentre il facciale, l'intermedio e l'abducente si trovano nel solco bulbo-pon-tino (fig. 274).



Fig. 276 — La parete posteriore del mielencefalo e del metencefalo in sezione sagittale paramediana (embrione di maiale con 56 mm. di lunghezza dal bregma alla radice della coda). — *a*, mesencefalo; *b*, cervelletto; *c*, solco primario posteriore del cervelletto; *d*, solco coroideo e piega omonima; *e*, tela coroidea; *f*, ventricolo mielencefalico; *g*, valvola cerebellare; *h*, ventricolo metencefalico.

Come meglio vedremo nell'accennare all'anatomia comparata del mielencefalo, le disposizioni che questo segmento encefalico presenta durante lo sviluppo dell'uomo hanno perfetta corrispondenza con quelle dei cranioti inferiori, segnatamente dei ciclostomi e dei selaci.

B - Istogenesi

Alla fine del primo mese di gestazione (fig. 277) l'abbozzo del mielencefalo è costituito dal neurosincizio diviso nei tre strati che troviamo anche nell'abbozzo della midolla spinale, cioè nello strato endimale, nello strato del mantello e nello strato mar-

ginale; però nella parete superiore dell'abbozzo si trova solo un sottile strato epiteliale, che rappresenta l'epitelio della vescicola mielencefalica primitiva e che forma l'abbozzo della tela coroidea.

Il solco laterale del ventricolo mielencefalico divide lo strato del mantello in due segmenti per ogni lato, cioè in quello della placca fondamentale ed in quello della placca alare. Nel primo segmento sono contenuti neuroblasti, i quali formano gli abbozzi dei nuclei dei nervi motori (fig. 277, *d*); nel secondo invece se ne osservano altri che sono in rapporto con le terminazioni dei nervi sensitivi (*i*). I neuroblasti motori formano due zone per ogni lato,



Fig. 277 — Sezione trasversale alla metà del mielencefalo in un embrione umano di 6 settimane. — *a*, tenia mielencefalica; *b*, radice discendente del trigemino e suo nucleo *c*; *d*, zona grigia anteriore con neuroblasti motori somatici; *e*, zona ependimale; *f*, placca basale; *g*, fessura bulbare; *h*, nervo ipoglosso; *i*, nervo vago; *j*, nucleo dorsale motore del vago.

cioè una zona mediale (fig. 277, *d*) contenente neuroblasti motori somatici, ed una zona laterale (*j*), contenente neuroblasti motori viscerali; adunque i neuroblasti motori somatici e viscerali nel mielencefalo al primo mese dalla fecondazione hanno la disposizione che indicammo come tipica nella midolla spinale (cfr. a pg. 221) con la sola differenza che mentre in questa per la chiusura dall'indietro in avanti della fessura midollare tutte le cellule radicolari si portano davanti al canale centrale, invece nel mielencefalo, quando la chiusura non è ancora avvenuta, sono situate tutte lateralmente al ventricolo mielencefalico. I neuriti che pro-

vengono dalla colonna somatica (fig. 278, *h*) hanno un decorso nettamente inferiore; si comportano quindi come quelli delle radici anteriori dei nervi spinali, ai quali sono perfettamente omologhi. I neuriti invece che derivano dalla colonna motrice viscerale (*j*) o escono isolati dalle faccie laterali dell'abbozzo mielencefalico, o si avvicinano al punto di penetrazione dei neuriti sensitivi ed escono addossati a questi ultimi (*i*). Quando escono isolati (ed è il caso più interessante: radici motrici viscerali dello spinale, del vago, del glosso-faringeo), si ha una serie speciale di radici motrici, cioè una serie di radici laterali, interposta tra quella delle radici anteriori e quella delle radici posteriori dei nervi bulbari. L'embriologia del mielencefalo conferma quindi quanto asserii a proposito dell'origine dello spinale (cfr. a pg. 514), cioè che nel mielencefalo come nella parte superiore della midolla spinale si hanno tre paia di radici nervose per ogni metà, disposizione che nei vertebrati attuali è molto ridotta, ma che probabilmente ha un altissimo significato ancestrale (Sterzi, 1907).

**

Col crescere dell'embrione (fig. 278) lo strato del mantello diventa più grosso, e più in corrispondenza delle placche fondamentali che in corrispondenza delle placche alari. La placca basale, che da prima cresce in spessore nella stessa proporzione delle placche fondamentali (fig. 277, *f*), in seguito rimane arretrata nello sviluppo e così, dopo il secondo mese dalla gestazione, comincia a costituirsi nella faccia inferiore del mielencefalo un solco mediano il quale a poco a poco si trasforma in una vera fessura. L'abbozzo della tela corioidea si conserva sempre formato da un solo strato di elementi (fig. 278, *c*) e della sua istogenesi ci occuperemo dopo aver studiata quella delle pareti solide del mielencefalo.

In queste ultime si nota che il tratto costituitosi a spese della placca basale (fig. 277, *f*) è percorso durante tutto lo sviluppo dalle fibre ependimali delle cellule che limitano la parte corrispondente del condotto mielencefalico e del ventricolo omonimo; tale tratto nei primi mesi è abbastanza largo (fig. 278) e quindi le fibre suddette formano un vero cuneo ependimale, paragonabile a quello della midolla spinale (cfr. a pg. 186),

ma poi, per il crescere delle placche fondamentali, viene schiacciato in senso laterale e le sue fibre formano allora un semplice setto sagittale (fig. 278, *k*); quando verso il terzo mese tale setto comincia ad essere attraversato da fibre nervose, esso si trasforma nel *rafe bulbare*.

Lo strato del mantello contenuto nelle placche fondamentali (fig. 278) viene diviso in vari segmenti perchè nel suo interno si forma un reticolo spongioblastico, che costituisce l'abbozzo della formazione reticolare grigia (*d*). La colonna delle cellule radicolari somatiche è allora divisa in due tratti, cioè in una

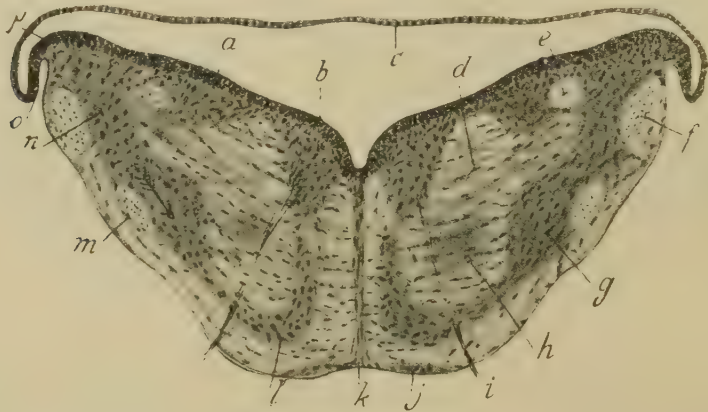


Fig. 278 — Istogenesi del bulbo (sezione trasversale alla metà del mielencefalo di un embrione umano lungo 20 mm.). — *a*, nucleo dorsale motore del vago; *b*, nucleo dell'ipoglosso; *c*, tela corioidea; *d*, formazione reticolare grigia; *e*, fascio solitario; *f*, corpo restiforme; *g*, nucleo della radice discendente del trigemino; *h*, nucleo ambiguo; *i*, nervo ipoglosso; *j*, nucleo arcuato; *k*, rafe; *l*, abbozzo del nucleo olivare inferiore; *m*, radice discendente del trigemino; *n*, zona grigia posteriore; *o*, tenia mielencefalica; *p*, labbro romboidale.

porzione mediale (*b*) dalla quale origina il nervo ipoglosso, ed in una porzione laterale (*h*) che costituisce l'abbozzo del nucleo ambiguo. La formazione reticolare spingendosi verso il ventricolo separa poi nettamente il nucleo motore somatico dell'ipoglosso dalla colonna motrice viscerale (*a*), che si trova lateralmente ad esso.

Le porzioni di strato del mantello che si formano a spese delle placche alari e che nello stadio precedente erano poco grosse (fig. 277, *c*), dopo il primo mese si accrescono rapidamente ed i loro neuroblasti e spongioblasti vengono spinti in avanti ed in

basso, muovendosi in tale direzione subito sotto allo strato marginale (fig. 278); tale sostanza nervosa s'interpone così tra lo strato ora menzionato e la formazione reticolare e, giunta a breve distanza dal setto mielencefalico, si ripiega ad angolo volgendo verso il ventricolo (fig. 278, *l*). Questa migrazione di cellule nervose formatesi dalla placca alare, che è origine di sostanza nervosa sensitiva e che si compie nel senso indicato da una freccia nella fig. 278, ci spiega la presenza di nuclei sensitivi sparsi in tutta l'estensione del mielencefalo. Infatti già al secondo mese si distinguono i tratti di questa sostanza sensitiva migrata che diventeranno nuclei dei fascicoli gracili e cuneati (*f*) e del fascio solitario (*e*) e quelli che daranno origine ai nuclei delle radici discendenti dei nervi sensitivi che attraversano il mielencefalo (*g*); infine si notano in essa gli angoli mediali (*l*) da cui si producono i nuclei olivari mielencefalici. Una parte di sostanza sensitiva rimane però nella sua primitiva posizione nella placca alare ed è da essa che si formano i nuclei del nervo vestibolare ed i nuclei sensitivi del vago e del glosso-faringeo. Nella sostanza sensitiva, appunto a causa dei suddetti spostamenti, le cellule sensitive somatiche e quelle viscerali non formano due zone nettamente separate.

I nuclei olivari dapprima appaiono formati da una lamina grigia ripiegata verso l'esterno e completamente liscia; poi, verso il terzo mese, essa incomincia a pieghezzarsi e questo processo perdura per tutta la vita fetale.

La tela coroidea negli embrioni di un mese è costituita da uno strato di cellule epiteliali cubiche, all'esterno del quale si trova lo strato mesenchimale che rappresenta l'abbozzo delle meningi. Alla metà del secondo mese le cellule epiteliali situate in corrispondenza dell'apice della tela diventano appiattite e qui sottile diventa pure l'abbozzo meningeo; per ciò viene a costituirsi all'estremità posteriore della tela quell'area ellittica, che chiamammo *area terminale*. Alla fine del terzo mese cominciano a comparire i villi coroidei ed in corrispondenza di essi l'epitelio è un po' più alto che nel resto; come già dissi, nell'area terminale non ne compaiono mai. L'apertura inferiore del quarto ventricolo si forma perchè l'epitelio di quest'area subisce quà e là dei processi involutivi che danno origine ai piccoli pertugi già descritti; questi gradatamente si allargano e confluiscono in un foro solo (pg. 552).

* * *

Nello strato marginale che forma l'abbozzo della sostanza bianca, già alla fine del primo mese cominciano a comparire fibre amieliniche costituenti le prime vie del bulbo e fra queste la più precoce è il *fascicolo longitudinale posteriore*; anche le radici dei nervi bulbari si producono molto presto (già alla quarta settimana dalla fecondazione) e quindi sono pure precoci i fasci che da esse derivano, cioè le radici discendenti dei nervi; tra queste il *fascio solitario* è la radice più precoce a formarsi (alla quarta settimana).

La mielinizzazione nel bulbo comincia a sviluppo già inoltrato ed in età diverse secondo i vari fasci; esaminiamo lo sviluppo dei singoli fasci bulbari, conservando l'ordine col quale li abbiamo studiati.

Il *fascio piramidale* comincia a comparire verso il 3° mese; al 6° mese le neurofibrille delle sue fibre sono bene differenziate. Nel feto lungo 75 mm. le piramidi sono distinguibili fino al ponte ed il loro incrociamiento comincia ad osservarsi nel feto lungo 120 mm. (Pusateri); la sua mielinizzazione principia circa al 9° mese di vita fetale e per ciò alla nascita la si trova solo iniziata; si completa verso il quarto anno.

I *fascicoli piramidali aberranti* si rivestono di mielina contemporaneamente al fascio piramidale; così avviene per il *fascio di Henle-Pick* (Ransohoff).

Il *fascio talamo-bulbare* comincia a mielinizzare circa all'ottavo mese di vita intrauterina; la sua mielinizzazione procede così rapida da essere completa due o tre mesi dopo la nascita.

Il *fascio rubro-midollare* inizia a mielinizzarsi alla fine del 6° mese; al 9° mese la mielinizzazione è completa.

Il *fascicolo longitudinale posteriore* si costituisce un po' prima della fine del primo mese dalla fecondazione; principia a mielinizzarsi al quarto mese ed all'ottavo mese di vita intrauterina la sua mielinizzazione si può considerare completa.

Sullo sviluppo delle *vie tetto-bulbari* nell'uomo non si hanno notizie; però, siccome è certo che le fibre del tetto mesencefalico cominciano a mielinizzarsi tardi, verso il sesto mese dalla fecondazione, è probabile che sia lo stesso per le vie che discendono dal tetto mesencefalico al bulbo.

Riguardo alla comparsa ed all'epoca della mielinizzazione delle vie esogene di origine midollare, si veda quanto fu detto a proposito dello sviluppo delle vie endogene della midolla spinale (cfr. a pg. 308).

Il *fascio solitario* è già riconoscibile negli embrioni di quattro settimane (His); la mielinizzazione delle sue fibre è già iniziata negli embrioni lunghi 25 cm. e non è ancora completa nei feti di 6 mesi (Ziehen).

La *radice discendente del trigemino* è bene manifesta negli embrioni umani di 4 settimane (fig. 177-288) ed in quelli di 8 settimane può essere seguita lungo tutto il bulbo, fino all'origine del vago (His); la sua mielinizzazione è già bene riconoscibile nei feti di 4 mesi, ma procede così lenta da non essere ancora completa al momento della nascita.

La *radice discendente del nervo vestibolare* principia a mielinizzarsi verso il 5.^o mese di vita fetale, un poco prima di quella del nervo cocleare (nel quale la mielinizzazione si inizia al 6.^o mese) e prima di quella del fascio piramidale.

Il *fascio olivo-midollare* è uno dei più tardi a mielinizzarsi (Giese, Betcherew); incomincia infatti a farlo solo dopo la nascita.

Il *fascio bulbo-talamico* si costituisce verso la metà del secondo mese dalla fecondazione (Ziehen); la sua mielinizzazione si inizia al principio del 5.^o mese di vita intrauterina (Hoesel).

Riguardo ai nervi mielencefalici, basterà avvertire che essi cominciano a costituirsi molto presto, già alla terza settimana dalla fecondazione, e che la loro mielinizzazione è quasi completa al 6.^o mese. Il nervo ipoglosso è quello che si mielinizza per primo; comincia a farlo al 4.^o mese di vita intrauterina ed è completamente mielinizzato al 6.^o mese (Hoesel), cioè quando nel bulbo non vi sono quasi altre fibre circondate da mielina che quelle del fascicolo longitudinale posteriore: le neurofibrille sono già bene costituite nelle cellule dell'ipoglosso in embrioni di 10 settimane (Brock).

C - Sviluppo dei vasi sanguiferi

I vasi sanguiferi del mielencefalo si sviluppano fondamentalmente nel medesimo modo di quelli della midolla spinale. Essi compaiono dapprima alla superficie dell'organo e poi secondaria-

mente penetrano nel suo interno; e dapprima compaiono nelle faccie laterali, poi sulla inferiore e da ultimo nella posteriore. In quest'ultima faccia, che è costituita dall'abbozzo della tela corioidea, negli embrioni che hanno 2-4 settimane di età non si osservano ancora vasi sanguiferi; l'abbozzo della tela è liscio e convesso verso l'esterno, come se il liquido del ventricolo avesse una notevole pressione; l'ectoderma si trova a contatto immediato con l'epitelio della tela, perchè il connettivo embrionale non si è ancora interposto tra essi; e per conseguenza il liquido encefalo-midollare è separato dal liquido amniotico solo per mezzo di un sottile diaframma formato da due strati di cellule epiteliali, cioè dall'epitelio corioideo e dall'ectoderma. Questa condizione, che è costante nello sviluppo dei vertebrati ed intorno alla quale ho altra volta richiamato l'attenzione (1912), ha certo importanza notevole per gli scambi osmotici o d'altra natura che si possono stabilire tra i due liquidi suddetti.

Lungo la faccia inferiore del mielencefalo da principio si formano due catene di anastomosi arteriose, pari e simmetriche, poste l'una accanto all'altra lungo il solco mediano anteriore; queste catene da un lato si continuano con le aa. vertebrali, dall'altro con le aa. carotidi cerebrali e sono formate da rami ascendenti e discendenti di arterie segmentarie che accompagnano le radici dei nervi bulbari, e che rappresentano le arterie segmentarie della porzione occipitale del cranio; sono molto evidenti negli embrioni dei cranioti inferiori (Sterzi). In seguito le catene anastomotiche nel ponte si fondono producendo l'a. *basilare* (De Vriese); nel bulbo si fondono solo in basso e per ciò si costituiscono il tratto anastomico anteriore ed i rami discendenti delle aa. vertebrali. Il sangue delle catene anastomiche proviene quasi esclusivamente dai rami posteriori delle carotidi interne, ma in seguito, con l'accrescersi delle aa. vertebrali, la massima parte di esso è recato all'a. basilare da queste ultime (De Vriese).

Le prime vene si formano ai lati della tela corioidea presso alla sua estremità posteriore.

I vasi della sostanza nervosa si sviluppano fondamentalmente come quelli della midolla spinale; anche nel bulbo essi penetrano dapprima dalla faccia anteriore e poi dalle altre faccie.

§ 7

Anatomia comparata

Il mielencefalo conserva fundamentalmente la medesima forma in tutti i cranioti, essendo costituito da due parti, cioè dalla midolla allungata e dalla tela coroidea (eccetto che nei mixinoidi). Non sempre è così nettamente separato dal metencefalo come nei mammiferi; nei petromizonti tra i ciclostomi tale divisione è solo artificiale (Sterzi, 1907); nei selaci è artificiale nella faccia inferiore dell'encefalo, non nella superiore ove si osserva bene manifesto il solco mielo-metencefalico (Sterzi, 1912); la sporgenza del ponte manca pure negli altri pesci, negli anfibi, nei rettili e negli uccelli e per ciò anche in questi il bulbo inferiormente è male delimitabile dalla base metencefalica. Le olive sporgono dalla superficie del bulbo solo in alcuni mammiferi; negli altri cranioti non sono riconoscibili dall'esterno. Le piramidi esistono pure solo nei mammiferi; per ciò negli altri cranioti non si osserva nè la fessura mielencefalica, nè il forame cieco.

La tela coroidea non è sempre ugualmente sviluppata; in alcuni ciclostomi (petromizonti: Sterzi, 1907), in molti pesci (e specialmente nei selaci: Sterzi, 1909), negli anfibi anuri (Gaupp, Edinger), in molti rettili (sauriani, cheloniani) ed uccelli è assai ampia; in altri dei predetti cranioti è invece piccola. I mixinoidi ne sono totalmente privi nell'adulto, come sono privi di gran parte dei ventricoli encefalici; la scomparsa delle cavità encefaliche e delle loro pareti membranose è probabilmente legata alla speciale vita parassitaria di questi ciclostomi (Sterzi, 1907). Dalla tela coroidea si dipartono per solito pieghe e villi sporgenti entro al ventricolo; tra le pieghe una è sagittale e mediana. La disposizione di queste pieghe è molto variabile da specie a specie, ma in ogni caso esse contengono vasi sanguiferi. Nei selaci questi vasi conducono solamente sangue venoso (Sterzi, 1907-09); nei ciclostomi e negli anfibi conducono anche sangue arterioso. La tela coroidea nei cranioti inferiori è completamente chiusa; solo in alcuni mammiferi (negli uccelli il fatto è dubbio) presenta aperture simili a quelle dell'uomo. All'estremità caudale della tela, cioè nella zona che nell'uomo

contiene l'apertura inferiore del quarto ventricolo, nei cranioti inferiori si nota che lo spessore di questa membrana è minore che nel resto (Sterzi, 1909); questa area sottile (che può anche essere estroflessa come un sacco o come un diverticolo; Sterzi, 1909), non contiene mai nè pieghe nè vasi sanguiferi ed evidentemente permette scambi osmotici tra il liquido encefalo-midollare ed il liquido meningeo; nei mammiferi adulti lo scambio tra i due liquidi è invece diretto.

Il ventricolo mielencefalico presenta sempre i recessi laterali tranne che nei ciclostomi: questi recessi nei pesci sono circondati da un labbro molto tumido, che costituisce il nucleo terminale dei nervi statici (omologhi al nervo vestibolare dell'uomo) e che ha il medesimo aspetto della corteccia cerebellare (labbro romboidale). La tela coroidea invia prolungamenti su questi recessi; pure essi contengono pieghe e villi, ma sempre in minor copia della tela propriamente detta. Nel pavimento ventricolare (che, data la posizione orizzontale sul ventre della massima parte dei cranioti, corrisponde alla parete anteriore del ventricolo dell'uomo) si osservano accidentalità di varia specie, determinate dallo sporgere delle masse grigie costituenti i nuclei dei nervi encefalici. Caratteristici tra esse sono i *lobi del vago*, sporgenze tondeggianti segmentarie, bene manifeste in molti pesci (cfr. Sterzi, 1909) ed i *lobi elettrici*, grandi masse che si sollevano dal pavimento ventricolare di alcuni batoidei (Torpedo).

Riguardo alla struttura comparata è da notare che nei cranioti inferiori (ciclostomi, pesci) il mielencefalo si può riguardare come midolla spinale, tanto più modificata quanto più si va cranialmente (Sterzi, 1907-1912) e che questo fatto si ripete in tutta la serie dei cranioti. Le modificazioni che avvengono nella sostanza grigia sono poco sensibili nei ciclostomi e nei selaci, diventano sempre più accentuate a misura che si sale nella serie dei vertebrati. Nei primi la sostanza grigia conserva per tutto il bulbo la disposizione che ha nella midolla spinale, cioè consta di uno strato periferico e di una parte centrale da cui originano delle colonne; però la forma che questa presenta nelle sezioni è modificata dalla comparsa del ventricolo mielencefalico e dall'enorme allargamento che prende la parete superiore di esso per produrre la tela coroidea; insomma in tali cranioti è molto chiaro il fatto che la differenza morfologica tra

midolla spinale e mielencefalo dipende dal diverso comportamento della placca del tetto in questi due segmenti (cfr. a pg. 544). Salendo nella serie dei vertebrati si osserva che la sostanza bianca, attraversando la grigia, la divide in vari segmenti che corrispondono a quelli dell'uomo. Due porzioni grigie, che hanno origine filogenetica molto antica, sono lo *strato corticale* e la *lamina grigia sagittale*. Il primo, che si conserva anche nell'uomo e che può contenere cospicui gruppi di cellule come i nuclei arciformi ed i nuclei prefontali, è molto manifesto nei cranioti inferiori e rappresenta la continuazione dello strato omonimo della midolla spinale. La lamina grigia sagittale è un setto di sostanza grigia che nei ciclostomi e nei pesci congiunge il cuneo endimale anteriore al fondo del solco mediano anteriore della midolla spinale e che in questi cranioti si continua in tutto il mielencefalo (Sterzi 1909); salendo nella serie dei cranioti si riduce al setto gliale che attraversa il rafe bulbare, ma però si conserva ed acquista speciale importanza in alcuni tratti ove costituisce i nuclei del rafe.

Oltre alla sostanza grigia comune al mielencefalo ed alla midolla spinale, già nei cranioti inferiori incomincia a comparire una sostanza grigia propria al mielencefalo; essa si trova nel segmento rostrale di quest'organo ed è rappresentata dall'estendersi sul mielencefalo di sostanza grigia cerebellare, la quale forma le labbra che circondano i recessi laterali del ventricolo (cfr. Sterzi, 1909). Altri piccoli nuclei (nucleo parasettale e nucleo del rafe), situati ai lati della lamina grigia sagittale e che nell'adulto sono così indipendenti da essa da doversi riguardare come formazioni proprie, per il loro sviluppo appaiono quali derivati di tale lamina; passando dai pesci agli anfibi e salendo da questi nella serie dei vertebrati si vede che il numero dei nuclei speciali va aumentando e quelli che meritano speciale accenno sono i nuclei dei fascicoli gracile e cuneato e gli olivari. I nuclei dei fascicoli cominciano a comparire negli anfibi come un semplice ingrossamento delle colonne posteriori; salendo nella serie dei cranioti le colonne posteriori si dividono prima in due e poi nei mammiferi in tre porzioni parallele, di cui l'esterna rappresenta la colonna posteriore e le due interne sono costituite dai nuclei propri dei funicoli. È dubbio a quale momento della scala dei vertebrati si abbiano tali nuclei; per alcuni autori (Johnston) comincierebbero già a manifestarsi nei

pesci, nei quali sarebbero però ancora fusi con le colonne posteriori; per altri (Sterzi) nei pesci (almeno nei selaci) essi mancano perchè le fibre sensitive non costituiscono ancora vie midollo-bulbari e bulbo-talamiche.

In molti mammiferi (topo, gatto, cane, canguro, ecc.) tra i nuclei dei fascicoli gracili trovasi un *nucleo del setto mediano posteriore*, il quale assomiglia per struttura e significato ai nuclei predetti; secondo il Bischoff è più sviluppato nei mammiferi muniti di una lunga coda (a tale riguardo si osservano però parecchie eccezioni).

I nuclei olivari inferiori esistono coi loro peculiari caratteri solo nei mammiferi; negli uccelli le indagini sperimentali (estirpazione totale o parziale del cervelletto: Yoshimura) ed anatomiche (Sinu) hanno assodata l'esistenza di due nuclei, uno per ogni metà del bulbo, lamellari ma non pieghettati come nei mammiferi, che sono omologhi ai nuclei olivari inferiori di questi cranioiti; anche nei rettili e negli anfibi si trovano delle masse grigie lateralmente al rafe, ma è dubbio se corrispondano ai nuclei olivari inferiori (Ziehen, Edinger); nei selaci si sono descritte delle formazioni omologhe a tali nuclei, ma a torto (Sterzi).

La sostanza grigia comune al mielencefalo ed alla midolla spinale mostra manifestissima la sua composizione in nuclei motori ed in nuclei sensitivi somatici e viscerali; questi nuclei sono tipicamente disposti secondo l'ordine già descritto nella midolla spinale (cfr. a pg. 221) e costituiscono le origini dei nervi motori corrispondenti oppure le terminazioni dei nervi sensitivi omonimi. Già nei selaci queste radici ora producono da sole dei nervi, che quindi sono puramente o motori somatici o motori viscerali o sensitivi somatici o sensitivi viscerali, ora si riuniscono insieme a formare nervi misti, cioè in parte motori ed in parte sensitivi somatici o viscerali.

Rispetto alla sostanza bianca devesi tener presente che già nei ciclostomi, nei selaci e nei ganoidi il mielencefalo è un centro nervoso che in parte è indipendente, in parte dipende dagli altri centri encefalici ed in parte è la regione per la quale passano le vie che congiungono la midolla spinale agli altri centri encefalici (cfr. Sterzi, 1909); per ciò fino dalle classi inferiori dei cranioiti ha una struttura complicata. La complicità aumenta però sempre più a misura che si sale

nella serie dei vertebrati, parallelamente all'aumento della funzionalità del mielencefalo; e per ciò alle primitive vie nervose se ne aggiungono altre che mancano ai vertebrati inferiori, come sarebbero ad es. la via piramidale, la via bulbo-talamica, ecc., ed ai primitivi nuclei grigi se ne aggiungono dei nuovi, dipendenti dalla presenza di queste nuove vie e delle nuove funzioni che acquista il mielencefalo. I fasci filogeneticamente più antichi sono il fascicolo longitudinale dorsale ed il laterale (nell'uomo si conserva solo il primo di essi), vie di associazione tra il bulbo, il resto dell'encefalo e la midolla spinale, in cui sono contenute fibre di varia specie (cfr. Sterzi, 1909), i tratti talamici e tettali, che discendono al bulbo dal talamo ottico e dalla volta mesencefalica (tetto ottico), ed i fasci che vanno al cervelletto o che da questo discendono; tra essi meritano speciale menzione le fibre che dai nuclei sensitivi del bulbo ascendono al cervelletto (E d i n g e r, S t e r z i). La via bulbo-talamica manca nei cranioti inferiori, ove pure manca la via midollo-bulbare; in questi vertebrati non si ha quindi una via sensitiva di I ordine che dai nuclei sensitivi terminali ascende all'encefalo come la si trova nei cranioti superiori (S t e r z i 1909); gli stimoli sensitivi sono trasmessi all'encefalo per la via sensitiva di II ordine, la quale si conserva anche nell'uomo (cfr. a pg. 491), ma che nei cranioti inferiori (ciclostomi, pesci) ha importanza più grande. In questi cranioti mancano pure la via cortico-bulbare e la cortico-midollare, ed è naturale che sia così poichè in essi non si ha una corteccia cerebrale differenziata; tuttavia i centri encefalici, come il centro olfattivo, il centro ottico, il centro statico, ecc., agiscono sui nuclei motori somatici e viscerali del bulbo e della midolla spinale per mezzo di fibre discendenti, che corrispondono alla via motrice di II ordine dei mammiferi e dell'uomo (cfr. a pg. 490). La via piramidale comincia a comparire solo nei mammiferi e lo abbiamo già detto al principio del paragrafo; negli altri vertebrati venne fino ad oggi ricercata invano.

Dal mielencefalo originano più nervi nei vertebrati inferiori che nei superiori; ciò dipende dal fatto che le origini di molti nervi si spostano cranialmente a misura che si sale nella serie dei vertebrati e tale spostamento è intimamente collegato alla migrazione dei loro nuclei di origine o di terminazione (K a p p e r s); per conseguenza nervi come il cocleare, il facciale,

l'abducente e perfino lo stesso trigemino che nei selaci sono nettamente bulbari (Sterzi, 1909), si spostano così da diventare nervi nettamente metencefalici nei mammiferi e nell'uomo. Un'altra profonda modificazione nel comportamento dei nervi mielencefalici è il fatto che nervi indipendenti tra loro nei cranioti più bassi si fondono insieme per costituire i nervi dei cranioti più alti; classico è l'esempio dei nervi occipito-spinali, che nei pesci formano un gruppo di nervi distinti i quali per origine, decorso e distribuzione si comportano come le radici ventrali dei nervi spinali e che nei vertebrati superiori si fondono in un solo nervo, cioè nell'ipoglosso. Infine nei cranioti inferiori si osservano nervi che mancano ai superiori e la cui presenza è legata a speciali organi di senso che non si trovano in questi ultimi; così nei pesci si hanno speciali nervi che si chiamano nervi della linea laterale e che provengono da particolari apparecchi di senso situati nella testa e lungo il tronco; questi nervi, che in quei vertebrati hanno altissima importanza, nei mammiferi sono interamente scomparsi.

Nei vertebrati inferiori, specialmente nei ciclostomi, si ha un passaggio così graduale dal mielencefalo alla midolla spinale che non si può stabilire un limite preciso tra l'uno e l'altra (cfr. Sterzi, 1907); nei cranioti superiori il segmento intermedio che segna questo graduale passaggio, si accorcia notevolmente, cosicchè si va d'un tratto dal mielencefalo alla midolla; tuttavia tale passaggio è sempre determinato da un segmento e non da un semplice piano trasversale.

Le disposizioni che si osservano salendo dai vertebrati bassi ai più alti corrispondono a quelle che si vedono studiando lo sviluppo del mielencefalo dell'uomo.

FINE DEL PRIMO VOLUME

19.B.91.
Anatomia del sistema nervoso ce1914
Countway Library BEG2111



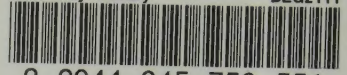
3 2044 045 750 551

19.B.91.

Anatomia del sistema nervoso ce1914

Countway Library

BEG2111



3 2044 045 750 551